كانه‌زايي طلا در پهنه‌برشي شكل‌پذير كرويان (جنوب باختر سقز-كردستان)

نوشته: سيد مهران حيدري، دكتر ابراهيم راستاد ، دكتر محمد محجل و سيدمحمدجواد شمسا

Gold Mineralization in Ductile Shear Zone of Kervian (Southwest of Saqez- Kordestan Province)

By: S. M. Heidari, Dr. E. Rastad , Dr. M. Mohajjel & S. M.J. Shamsa

چكيده

كانسار طلاي كرويان، در بخش شمال‌باختري پهنه سنندج سيرجان و در جنوب باختر سقز قرار دارد. واحدهاي سنگي رخنمون شده در منطقه، با امتداد شمال‌خاور- جنوب باختر، شامل يك توالي از سنگهاي دگرگون شده در رخساره شيست‌سبز، متشكل از واحدهاي آذرين و رسوبي مي‌باشند كه زمان تشكيل آن را به مزوزوييك نسبت مي‌دهند.

تمركز كانه‌زايي طلا در منطقه كرويان در پهنه‌اي به طول بيش از2/5 كيلومتر، پهناي متوسط 60 متر و با ژئومتري عدسي شكل در راستاي پهنه برشي شكل‌پذير رخ داده است كه در اينجا، براي اولين بار در ايران معرفي مي‌گردد.

مجموع واحدهاي سنگي در منطقه مورد مطالعه، تحت تأثير پهنه‌هاي برشي شكل‌پذير با امتداد شمال‌خاور جنوب‌باختر با شيبي متوسط به سمت شمال خاور، دگرشكل شده و ساختارها و فابريكهاي متفاوت به خود گرفته‌اند. تمامي واحدهاي سنگي رخنمون شده در منطقه، شدت دگرشكلي يكساني ندارند و از واحدهاي كمتر دگرشكل شده (پروتوميلونيت) تا واحدهاي به شدت دگرشكل (ميلونيت و اولترا‌ميلونيت) در منطقه مشاهده مي‌شود. فابريكهاي برشي C وS ودرزه‌هاي حاصل از كشيدگي، محصول دگرشكلي است كه در واحدهاي سنگي رخنمون شده در پهنه برشي شكل‌پذير كرويان، قابل تشخيص هستند.

سنگهاي در برگيرنده اين پهنه، به‌طور عمده از سنگهاي آتشفشاني اسيدي و بازي دگرگون شده كاملا دگرشكل همراه با برگوارگي ميلونيتي تشكيل شده است كه در پهنه برشي شكل‌پذير كرويان تحت تأثير دگرساني قرار گرفته‌اند. شدت و نوع دگرساني در واحدهاي سنگي مختلف، متفاوت است. از مهم‌ترين دگرسانيها مي‌توان دگرسانيهاي سرسيتي، كلريتي، سيليسي، سولفيدي و كربناتي شدن را نام برد.

كاني‌شناسي ماده معدني بسيار ساده و به‌طور عمده از پيريت، پيريتهاي آرسنيك‌دار، طلاي آزاد و به‌ندرت از كالكوپيريت تشكيل شده است كه كانيهايي مانند كوارتز، فلدسپار، انواع ميكاها و كربناتها آنها را همراهي مي‌كنند.

طلا در ابعاد چند ميكرون تا 30 ميكرون، به‌صورت آزاد همراه با كوارتز و همچنين همراه با پيريت به‌صورت ميانبار و يا همرشد با آن (به ابعاد <5ميكرون) مشاهده مي‌شود كه به طور همزمان با دگرشكلي، در فابريكهاي C وS ودرزه‌ها در واحدهاي ميلونيتي به شدت دگرسان شده (سيليسي، سولفيدي وكربناتي) تمركز يافته است.

شواهد صحرايي و مطالعات آزمايشگاهي، تشكيل و كانه‌زايي طلا در منطقه مورد مطالعه را در كنترل عواملي همچون پهنه‌هاي برشي شكل‌پذير، شدت دگرشكلي (فابريكهاي اولترا‌ميلونيت و ميلونيت) و شدت دگرساني گرمايي (سيليسي و سولفيدي) نشان مي‌دهد.

بر اساس شواهد موجود و مقايسه ويژگيهاي كانسار طلاي كرويان با كانسارهاي طلاي پهنه‌هاي برشي، كانسار طلاي كرويان بيشترين شباهت را با اين تيپ از خود نشان مي‌دهد.

كليد واژه‌ها: طلاي كرويان، پهنه‌برشي شكل‌پذير، ميلونيت، دگرشكلي، دگرساني، سقز

Abstract

Gold bearing metamorphosed and deformed rocks (of green schist facies) are exposed in NE-SW trending

Archive of SID
www.SID.ir

shear zone, about 25 km southwest of Sagez in Kordestan province.
The protolith ore, supposed to be mafic and mostly acidic volcanic and sedimentary rocks (phyllite, re-crystallized limestone, metaferrodolomite), was intruded by several granitic plutons. Shallow to moderately dipping mylonite foliation towards NW and stretching lineation plunging to the N20ºE on the foliations imply that mylonites and ultra-mylonites were produced during oblique reverse left lateral tectonic regime. Hydrothermal alteration is both spatially and temporally associated with development of ductile shear zone.
The major types of alteration include sericitization, chloritization, silicification, sulfidation and carbonatization. Among them, sercitization and chloritization are pervasive; whereas, silisification, sulfidation and carbonatization are usually limited to the inner zone of altered shear zone and in close relation with the intensity of deformation. Two planar fabrics (S and C) of different morphology are recognized in the shear zone of Kervian gold field. These fabrics appear contemporary with deformation in Kervian's ductile shear zone.
The main mineralization zone, with lensoidal geometry, is about 2500 m long and 60 m wide, on average. The ores, predominantly auriferous hydrothermaly altered mylonites, have been over printed by intense hydrothermal alteration. Gold, existing along the shear fabrics either in the native form or in composition with sulfide such as pyrite and arseno- pyrite, was deposited due to ductile shearing and strong alteration.
Final emplacement of gold is an integral part of hydrothermal alteration system, i.e., the major auriferous minerals were deposited in association with hydrothermal alteration. Formation and occurrence of gold field are controlled by ductile shear zone, intensity of deformation and associated hydrothermal alteration. Based on present evidences and comparison with other gold types in the World, the characteristics of Kervian gold deposit are similar to ductile shear zone type gold mineralization.
Key words: Kervian Gold deposit, Ductile Shear zone, Mylonite, Deformation, Alteration, Sagez

مقدمه

كانسار طلاي كرويان در 25 كيلومتري جنوب باختر سقز در استان كردستان قرار دارد (تصوير1).
تاريخچه مطالعه و بررسي كانسارهاي طلاي مرتبط با پهنه‌هاي برشي در ايران جز در مناطق معدني طلاي موته رشيدنژادعمران (1381) و در كردستان، در ناحيه آلوت، باينجوب و تيژتيژ (اكتشافات سيستماتيك ژئوشيميايي- حسني پاك،1377- 1378) و كرويان محجل و شمسا (1380) اطلاعات علمي چنداني در رابطه با اين نوع از كانه زايي طلا گزارش نشده است.
محدوده مورد مطالعه از نظر تقسيم بندي ساختاري، در بخش شمال باختري پهنه سنندج- سيرجان و در زير پهنه با دگرشكلي پيچيده (محجل و سهندي، 1378) واقع شده است. اين منطقه از نظر رخدادهاي زمين ساختي- ماگمايي، دستخوش رويدادهاي حاصل از باز و بسته شدن اقيانوس نئوتتيس (فازكششي و تراكمي) شده كه از اواخر پالئوزوييك تا دوران سوم ادامه داشته است به گونه‌اي كه تأثير آن موجب دگرگوني ناحيه‌اي، فرورانش، ماگماتيسم كلسيمي- قلیايي و برخورد صفحه عربي و ايران در اوايل ترشيري شده است پيامد اين امر، به صورت ايجاد پهنه‌هاي برشي (شكل پذير و شكننده) همراه با بالا آمدگي ناحيه‌اي نمود يافته (محجل، 2003) و محيط مناسبي براي تشكيل كانسارهاي طلاي تيپ كوهزايي فراهم آورده است (ساوكينز،1990؛ فوستر،1993؛ چاو و يانگ، 1995؛كنتونومي، 1997؛ گرووز و ديگران،1998؛ گلدفارب و ديگران،1998؛ كرت‌استيو،1998؛ ويلكنسون وديگران، 1999؛ بيرلين و ماهر،2001).
شايان ذكر است كه كانسار طلاي كرويان در بخش شمال‌باختري پهنه سنندج- سيرجان، معدن طلاي موته در بخش مركزي و كانسار طلاي زرترشت در بخش جنوب‌خاوري آن واقع شده‌اند و كانسار كرويان اولين نمونه از كانه‌زايي طلاي نوع برشي در ايران است كه معرفي مي‌گردد. لذا مطالعه آن مي‌تواند به عنوان الگويي براي اكتشاف رخدادهاي مشابه در پهنه‌هاي برشي واقع در پهنه سنندج سيرجان و حتي در ساير زونهاي ساختاري ايران، مورد استفاده قرار گيرد.

زمين‌شناسي

توالي چينه‌اي منطقه با امتداد شمال خاور - جنوب باختر (تصوير2) شامل مجموعه‌اي از سنگهاي رسوبي و آتشفشاني دگرگون شده مي‌باشند كه تحت تأثير پهنه‌هاي برشي با امتداد شمال‌خاور- جنوب‌باختر با شيبي متوسط به سمت شمال‌باختر تغيير شكل يافته‌اند (تصوير3) و شامل فيليتها و آهكهاي بلورين (رسوبات پليتي و آهكي دگرگون‌شده)، دولوميتهاي آهن‌دار، كوارتزيت و مجموعه آتشفشاني شامل آتشفشانيهاي فلسيك و بازيك دگرگون شده مي‌باشند (تصوير3) كه زمان تشكيل آنها به مزوزوييك، بويژه كرتاسه نسبت داده شده است (محجل،1381).
حضور توده‌هاي گرانيتوييدي در محدودة كانسار (تصوير2) از مشخصات بارز منطقه مورد مطالعه و ناحيه‌اي است كه در آن واقع شده است كه خود نشان از گراديان زمين گرمايي بالاي

Archive of SID

www.SID.ir

این ناحیه در زمان تشکیل گرانیتها دارد (دنگ و دیگران، 1999) این توده‌هاي گرانيتي براساس تقدم و تأخر نفوذ نسبت به عملکرد پهنه‌هاي برشي، به گرانيتهاي ميلونيتي (تصوير4) جهت‌يافته همروند با پهنه‌هاي برشي و گرانيت تورمالين‌دار (تصوير2) تقسيم مي‌شوند.

در منطقه معدني کرويان دو روند عمده از مقياس رخنمون تا ميکروسکوپ قابل تشخيص و قابل مقايسه با روندهاي ناحيه‌اي در منطقه مي‌باشد.

روند شمال خاور- جنوب باختر روند اصلي منطقه، و همان روند واحدهاي سنگي رخنمون يافته، راندگيهاي منطقه، امتداد صفحه‌هاي محوري تاقديسها و ناوديسها و زون دگرسان مي‌باشد (تصوير2).

روند شمالي- جنوبي که روند قبلي را قطع مي‌کند، باعث جابجايي واحدهاي رخنمون يافته در منطقه شده است (تصوير2).

دگرگوني و دگرشکلي

بررسيها و مطالعات صورت گرفته (بويژه ميکروسکوپي) حاکي از آن است که واحدهاي سنگي منطقه، ابتدا تحت تأثير دگرگوني ناحيه‌اي پيشرونده درحد رخسارة شيست‌سبز بالايي قرار گرفته و ضمن دگرشکلي، کانيهاي بيوتيت و هورنبلند نيز در اين شرايط به تعادل رسيده‌اند، سپس تحت تأثير عملکرد پهنه‌هاي برشي و دگرسانيهاي وابسته، کانيهاي بيوتيت وهورنبلند (کانيهاي آهن‌دار) به کلريت، سريسيت و مسکويت دگرسان (تبديل) شده و در نتيجه پاراژنز کانيهاي دگرگوني از رخسارة شيست‌سبز بالايي به رخسارة شيست‌سبز متوسط و پايين تنزل يافته و يک نوع دگرگوني پسرونده در واحدهاي سنگي دگرشکل شده منطقه ايجاد شده است. بنابراين کانسار طلاي کرويان مي‌تواند از اين جهت در دسته کانسارهاي با سنگ‌ميزبان دگرگوني ناحيه‌اي و رخساره شيست‌سبز قرار گيرد (هاچينسون، 1987؛ گرووز وديگران،1998؛ بيرلين و ماهر، 2001).

مراحل دگرشکلي منطقه معدني کرويان

در بررسيهای ساختاری صورت‌گرفته از منطقه معدنی کرويان، وقوع سه مرحله دگرشکلی تشخيص داده شده و از يکديگر تفکيک شده‌اندکه در ميان آنها، دومين مرحله دگرشکلی با توسعه برگواره غالب ميلونيتی از مهم‌ترين مراحل اين توالی دگرشکلی به شمار مي‌آيد.

• دگرشکلي مرحله اول

اولين مرحله دگرشکلی(D1) در منطقه، يک فاز ترمودينامیک بوده که باعث دگرگون و دگرشکل شدن واحدهای سنگی منطقه شده است. عوامل ساختاری که نشان از تشکيل و گسترش اين دگرشکلی در منطقه دارد، تحت تأثير مراحل بعدی دگرشکليحذف شده اما اثرات اين مرحله، گاه ديده مي‌شود.

اين مرحله از دگرشکلی همزمان با دگرگونی، باعث گسترش برگواره نسل اول (S1) به صورت شيستوزيته در شيستها شده است که با تشکيل نوارهای کانيهای روشن (کوارتز و فلدسپار) و کانيهای تيره (بيوتيت و کلريت) در بخشهايی که به شدت دگرشکل و دگرسان نشده‌اند، قابل تشخيص است.

• دگرشکلي مرحله دوم

دومين مرحله دگرشکلی (D_2) ، در واقع مهم‌ترين مرحله در منطقه مورد مطالعه است. بر اثر توسعه و گسترش اين دگرشکلی، شديدترين تغييرات ساختاری در منطقه رخ داده است، به گونه‌ای که روند عمومی واحدهای رخنمون يافته، چينها، ساختارهای ميلونيتی و برگوارگی غالب منطقه که بيانگر يک دگرشکلی شديد و پيشرونده است (پشير و ترو،1998) را باعث شده است.

در اين مرحله دگرشکلی، پهنه‌های برشی شکل‌پذير بوجود آمده‌اند (محجل و شمسا، 1380). اين پهنه‌ها حرکتي مايل‌لغز داشته و در آنها قطعه شمالي به صورت مايل لغز معکوس بر روي قطعه جنوبي حرکت کرده است.

• دگرشکلي مرحله سوم

دگرشکلي مرحله سوم، جوان‌ترين دگرشکلي است و ساختارهاي حاصل از آن در شرايط دگرشکلي شکننده به وجود آمده‌اند. اين دگرشکلي باعث شکل‌گيري ريخت شناسي کنوني منطقه شده است. ساختارهاي اين دگرشکلي، بيشتر به صورت گسل ديده مي‌شود (تصوير2) که مهم‌ترين آنها گسلهاي معکوس و راندگي با روند شمال خاور- جنوب باختر بوده و باعث بالا آمدن و رخنمون شدن واحدهاي سنگي منطقه و گاه تکرار آنها شده است. اين روندها در مقياس ناحيه‌اي نيز قابل پيگيري است.

پهنه‌برشي کرويان

مجموع واحدهاي سنگي رخنمون يافته در منطقه مورد مطالعه، تحت تأثير پهنه‌هاي برشي شکل‌پذير با امتداد شمال خاور- جنوب باختر (N60-70E) با شيبي متوسط به سمت شمال‌باختر، دگرشکل شده، فابريک ميلونيتي به خود گرفته، توالي و نظام اوليه خود را از دست داده و واحدهاي سنگي مختلف با ساختارها و فابريکهاي متفاوت از آن حاصل شده‌اند. لذا تمامي واحدهاي سنگي رخنمون يافته در منطقه، شدت دگرشکلي يکساني ندارند و از واحدهاي کمتر دگرشکل شده تا واحدهاي به شدت دگرشکل (ميلونيت و اولترامیلونيت) در منطقه مشاهده مي‌شود.

در مطالعه مقاطع ميکروسکوپي نمونه‌هاي سنگهاي در برگيرنده کانسار کرويان، وجود دو نوع دانه‌بندي پورفيروکلاست

Archive of SID

www.SID.ir

و زمینه از مشخصه‌هاي واحدهاي دگرشكل شده منطقه است (تصویر5) که خود بیان کننده درجه دگرشكلي متفاوت در سراسر پهنه‌برشي مي‌باشد(پشیر و ترو،1998). در واقع هرچه تفاوت اندازه پورفیروکلاستها و زمینه کمتر شود، به واحدهاي به شدت دگرشكل شده نزديك‌تر مي‌شويم. در چنين حالتي، پورفیروکلاستها خردشدگي وجهت يافتگي بيشتري نشان داده و در نتيجه واحدهاي ميلونيتي تا اولترامیلونیتي به وجود مي‌آيند. بر اين اساس، انواع دگرشكلي را كه واحدهاي سنگي واقع در پهنه برشي خميري كرويان متحمل شده‌اند، مي‌توان در سه گروه پروتومیلونیت، میلونیت و اولترامیلونیت قرار داد كه در زير به آنها پرداخته خواهد شد.

پروتومیلونیت

اين نوع ميلونيتها، بيشترين گسترش را در منطقه داشته و دانه‌بندي درشت‌تري دارند (كمتر تحت تاثير دگرشكلي برشي قرار گرفته‌اند) بلورهاي درشت‌تر كه مربوط به سنگ اوليه هستند، كمتر تبلور دوباره از خود نشان مي‌دهند و حجم پورفیروکلاستها در سنگ اوليه، به بيش از50 درصد مي‌رسد. از ويژگي آنها وجود برگوارگي ميلونيتي ضعيف و ناپيوسته در رخنمونهاي سنگي مربوطه است.

كانيهاي اصلي تشكيل دهنده پروتومیلونیتها شامل كوارتز، فلدسپار و ميكاست. كانيهاي مات كه بيشتر شامل سولفيدهاست، به ندرت درآن حضور دارند. خاموشي موجي در دانه‌هاي كوارتز و كج‌شدگي تيغه‌هاي دوقلو (ماكل) فلدسپارها و كج‌شدگي و پيچ و تاب‌خوردگي كانيهاي ورقه‌اي و ميكاها، در تمامي نمونه‌ها به طور مشترك ديده مي‌شود.

بافت ساروجي (قرار گرفتن دانه‌هاي با تبلور دوباره و ريز در بين ذرات دانه متوسط تا درشت اوليه- پورفیروکلاستها-كه جهت يافتگي خاصي ندارند (دي‌ولف، 1995؛ وانگ و ديگران، 1999؛ زوو و وانگ، 1999) در پروتومیلونیتهاي كرويان به خوبي ديده مي‌شود (تصویر6). تبلور دوباره در ذرات دانه درشت (پورفیرکلاستها) موجود در سنگ نيز قابل مشاهده است ولي شدت آن زياد نيست. در كنار دانه‌هاي قديمي و كمتر تبلور دوباره يافته (پورفیروکلاستها)، دانه‌هاي جديد و چند وجهي كشيده و رشته‌اي به

میلونیتها

اين واحد بيشترين گسترش را در پهنه دگرسان كرويان (تصویر2) دارد. از مهم‌ترين ويژگي آن، توسعه برگواره ميلونيتي پيوسته در مقياس رخنمون و نمونه دستي است كه براحتي از واحدهاي با دگرشكلي برشي كمتر (پروتومیلونیت‌ها) تشخيص داده مي‌شود.

پورفیروکلاستها بين 10 تا 50 درصد حجم سنگ را به خود اختصاص مي‌دهند (پشير و ترو،1998) و بافت ساروجي در اين نوع سنگها كاملا توسعه يافته است (تصویر7). افزون بر جريان كاتاكلاستيكي، جريان پلاستيكي بلورها نيز به صورت چرخش بلورها، كشيدگي و جهت‌يافتگي آنها در جهت برگوارگي و تبلور دوباره و خاموشي موجي (تصویر8) و به هم‌ريختگي دوقلوهاي فلدسپارها و پديده تشكيل شكنجي كاملا مشهود است (تصویر8).

پوروفیروکلاستها گاهي چرخش از خود نشان داده و در حين برش از مكان اصلي خود جابه جا شده‌اند. بعضي از پورفیروکلاستهاي كوارتز تحت تأثير تنش برشي تغييرشكل داده و به مجموعه‌اي از ذرات ريزتر(Subgrain) تبديل شده‌اند (تصویر 9).

دوقلوهاي مثلثي و تيغه‌اي نوك تيز كه از ويژگي كانيهاي دگرشكل شده است، در اين واحدهاي دگرشكل شده به بيشترين گسترش خود مي‌رسد.كانيهاي اصلي تشكيل دهنده واحدهاي ميلونيتي در پهنه دگرساني شامل كوارتز، فلدسپار، ميكا و كانيهاي مات (سولفيدي) مي‌باشد كه كاملا جهت يافته بوده و به كانيهاي تيره و روشن تفكيك شده‌اند و كانيهاي مات (سولفيدي) آنها را همراهي مي‌كند.

اولترامیلونیت

اين واحد دگرشكل شده، تحت تأثير بيشترين شدت دگرشكلي برشي واقع شده (تصویر10) به طوري كه بافت اوليه سنگ كاملا از بين رفته و دانه‌هاي پورفیروکلاست موجود در آن كاملا ريز شده است. در اين واحد تفاوت اندازه پورفیروکلاستها و زمينه، به حداقل ممكن رسيده است (تصویر12).

اين واحد بيشترين گسترش را در پهنه برشي دگرسان از خود نشان مي‌دهد و حجم پورفیروکلاستهاي آن به كمتر از 10 درصد مي‌رسد.جريان كاتاكلاستيك و پلاستيكي بلورها در اين سنگها، به بيشترين عملكرد خود مي‌رسد، به طوري كه ريزشكستگيها، تبلور دوباره و خاموشي موجي و... در تمامي مقاطع ميكروسكوپي قابل تشخيص است.

نتيجه بررسيهاي صورت گرفته از دگرشكليهاي موجود در منطقه مورد مطالعه، حاكي از آن است كه هرچه به سمت زون دگرسان نزديك مي‌شويم، شدت دگرشكلي افزوده مي‌شود (تصویر11).

فابریکهاي موجود در پهنه برشي كرويان

در واحدهاي سنگي رخنمون يافته در پهنه برشي خميري كرويان فابريك SgC كه حاصل دگرشكلي است، قابل تشخيص است. اين فابريكها درخلال دگرشكلي و همزمان با برشي شدن، در واحدهاي سنگي منطقه ايجاد شده‌اند (تصویر12).

فابريك S در مقياسهاي متفاوت (رخنمون تا ميكروسكوپي)

www.SID.ir
Archive of SID

حالت S مانند به خود گرفته و برگوارگي را در سنگ نمايان مي‌كند (برگواره ميلونيتي) و با زاويه نسبتاً كم، با امتداد برگه‌هاي برشي قرار مي‌گيرد. فابريك C شامل برگه‌هاي موازي هم برش در ارتباط با تنشهاي وارده مي‌باشد. در صورتي كه فابريك ديگري كه از كشيدگي به وجود آمده (فابريك E) از روند خاصي پيروي نمي‌كند و در نقاط ضعف كانيهاي سنگهاي دگرشكل شده در پهنه برشي خميري توسعه مي‌يابد (تصوير13).

فابريكهاي بالا، با افزايش شدت دگرشكلي افزايش مي‌يابند، به طوري كه فابريك ميلونيتي واضح‌تري از خود نشان مي‌دهند و فضاهاي ايجاد شده توسط اين فابريكها، با افزايش شدت دگرشكلي از كانيهاي كوارتز، كربنات، سولفيد و كانيهاي ورقه‌اي (اغلب كلريت و مسكوويت) كه محصول دگرساني سيالهاي گرمابي است، پرشدگي بيشتري نشان مي‌دهند (تصوير13).

دگرساني

از مهم‌ترين دگرسانيهاي واقع در پهنه برشي كرويان مي‌توان دگرساني سيليسي، سولفيدي، كربناتي، سريسيتي و كلريتي را نام برد كه كاملا وابسته به نوع سنگ ميزبان است (لئوناردو و ديگران، 1991؛ ساپسو و ديگران، 1995 ؛ جلسما و ديگران، 1999؛ فراري و چودري، 2000) در بين دگرسانيها، دگرساني سريسيتي و كلريتي‌شدن گسترش بيشتري داشته و تقريباً در همه واحدهاي رخنمون يافته ديده مي‌شوند، در صورتي كه دگرساني‌هاي سيلسي، سولفيدي و كربناتي بيشترين گسترش را در ارتباط با زونهاي كانه‌دار داشته و در بخش دروني زونهاي برشي ديده مي‌شوند.

دگرساني سيليسي

محصول اصلي دگرساني سيليسي را كوارتز تشكيل مي‌دهد (اوانز،1997) به طوري كه هر چه به سمت زون دگرسان در بخش داخلي پهنه برشي منطقه نزديك مي‌شويم، نه تنها شدت دگرشكلي و برگوارگي افزايش نشان مي‌دهد، بلكه دگرساني سيليسي و كوارتز نيز در درون زون دگرسان به بيشترين حد خود مي‌رسد. بر اساس مشاهدات و مطالعات صورت گرفته درمحدوده زون دگرسان، فرايند سيليسي شدن به صورت تشكيل رگه‌ها يا لامينه‌هايي در امتداد برگواره ميلونيتي غالب منطقه و نيز به صورت سيليسي‌شدن بخشهايي از سنگهاي ديواره (ميزبان) با ضخامتهاي متفاوت مي‌باشد.

در مقياس رخنمون، اين نوع دگرساني بيشتر به صورت رگه‌هاي سخت و برجسته (ظاهر خشن) با ضخامتهاي بين نيم تا چند متر به رنگ سرخ و زرد تا سياه (به دليل حضور اكسيدهاي آهن) مشخص مي‌گردد. روند تشكيل آنها در امتداد روند پهنه برشي (فابريك C) با امتداد شمال خاور-جنوب باختر (N60-70E) مي‌باشد كه دلالت بر تشكيل آنها، طي فرايند دگرشكلي شكل‌پذير در پهنه‌هاي برشي است.

در مقياس نمونه دستي دگرساني سيليسي شدن به صورت لامينه‌هاي همخوان با برگواره ميلونيتي (فابريك S) و به صورت نوارهايي با ضخامت متناوب (سانتي‌متر تا ميلي‌متر) درسنگ مشاهده مي‌شوند كه كاملا در جهت خاصي جهت يافتگي (شمال خاور- جنوب باختر) نشان مي‌دهند. اين امر گواهي بر تشكيل همزمان آن با برگواره ميلونيتي غالب در منطقه است در صورتي كه بخشهاي سيليسي شده سنگ ديواره در اثر پرشدگي شكستگيهايي كه از روند خاصي پيروي نمي كنند (فابريك E) حاصل مي‌شود و به نظر مي‌رسد كه در خلال مرحله اوليه دگرشكلي برشي تشكيل شده‌اند.

دگرساني سولفيدي

دگرساني سولفيدي، در بخش درونـي زون دگرساني و كانه‌دار ديده مي‌شود. محصول اين دگرساني عمدتاً پيريت و به ندرت كالكوپيريت و پيريتهاي آرسنيك‌دار است كه به صورت دانه پراكنده و جهت يافته در درون سنگ ديواره دگر شكل يافته شده مي‌گردد.

دگرساني كربناتي

كربناتي‌شدن از ديگر دگرسانيهاي موجود در منطقه دگرشكلي و محصولات اصلي آن شامل آنكريت، كلسيت و دولوميت است.

دگرساني كربناتي، كاملاً در ارتباط با كانيهاي مافيك دگرسان شده، بويژه واحد آتشفشاني دگرگون شده بازي مي‌باشد، به طوري كه شدت آن وابسته به سنگ دربرگيرنده (سنگ ديواره) و ميزان سيال دارد، به طوري كه بيشترين گسترش دگرساني گرمابي كربناتها در واحدهاي ميلونيتي بازي گسترش يافته است.

ارتباط دگرشكلي و دگرساني

شواهد ارائه شده نشان مي‌دهد كه بيشترين واحدهاي دگرشكل شده (ميلونيت و اولترامیلونيت) با برگواره ميلونيتي پيوسته (فابريكS) و تقريباً به موازات صفحه‌هاي برش پهنه‌برشي (صفحات C) در طي فرايند دگرشكلي شكل‌پذير در بخشهاي داخلي پهنه برشي‌كرويان رخنمون يافته‌اند. از سوي ديگر، بيشترين شدت دگرساني سيليسي، سولفيدي و كربناتي كه از دگرساني گرمابي حاصل از سيالها بر سنگ ديواره مي‌باشد، به همين بخشهاي دروني پهنه برشي محدود مي‌شود كه در آن محلولهاي گرمابي در بيشترين حجم خود بر سنگهاي ديواره تأثير گذاشته و باعث حداكثر فعاليت دگرساني گرمابي در زون دگرسان و در منطقه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

کانه‌زايي

نتايج حاصل از مطالعات ژئوشيميايي و كاني سنگين در ورقه 1/100000 سقز (ابوالمعالي و ديگران، 1377) همگي بيان آن دارد كه همه بي‌هنجاريهاي معرفي شده طلا (از جمله كرويان)، در محدوده پهنه‌هاي برشي واقع بوده و هيچ بي‌هنجاري در نواحي و مناطقي كه دگرشكلي در آن صورت نگرفته و يا به طور ضعيف دگرشكل شده، گزارش نشده است.

بيشترين تمركز كانه‌زايي طلا در منطقه كرويان در پهنه‌اي به طول بيش از 2/5 كيلومتر، پهناي متوسط 60 متر در امتداد N60-70E و با ژئومتري عدسي شكل با شيبي به سمت شمال باختر گسترش يافته است كه كاملاً با روند و شيب پهنه برشي شكل‌پذير منطقه همخواني نشان مي‌دهد.

سنگهاي در برگيرنده پهنه كانه‌دار كرويان به طور عمده از سنگهاي آتشفشاني دگرگون شده اسيدي و بازي (اغلب اسيدي) با بين لايه‌هاي فيليتي و كربناتي، كاملاً دگرريخته (ميلونيتي و اولترا‌ميلونيتي) همراه با برگوارگي ميلونيتي تشكيل شده‌اند. واحدهاي فوق در پهنه برشي شكل‌پذير كرويان با امتداد شمال خاور- جنوب باختر، نوع و شدت دگرسانيهاي متفاوتي دارند.

نمونه‌هاي گرفته شده از درون ترانشه‌هاي عمود بر پهنه برشي كانه‌دار (تصوير14) و برگوارگي ميلونيت نشان‌دهندة غني‌شدگي عيار طلا در تمام اين پهنه است به طوري كه كمربالا و كمرپايين پهنه دگرسان، كه به ترتيب شامل ميلونيتهاي بازي و كربناتها و فيليتهاست، عياري درحد كلارك نشان مي‌دهند، اما همين واحدها در پهنه برشي كانه‌دار، عياري در حد چند ده قسمت در ميليارد(50ppb>) و در پهنه‌هاي به شدت دگرشكل و دگرسان شده با ضخامت 1 تا 6 متر(تصوير15)، عياري در حد چند قسمت در ميليون نشان مي‌دهد (بيشينه7ppm و ميانگين 3-1 ppm) كه گوياي غني‌شدگي عيار طلا در واحد به شدت دگرشكل و دگرسان شده مي‌باشد.

كانه‌زايي طلا در پهنه كانه‌دار كرويان از نظر ژئومتري و بافت، به دو صورت رگه‌اي- رگچه‌اي و افشان ديده مي‌شود، به طوري كه در درون واحدهاي سيليسي و با ضخامتهاي متغير (1 تا 2 سانتي متر تا چندين متر) به صورت لامينه‌ها و رگه‌هايي به موازات برگواره ميلونيتي مشاهده مي‌شوند و يا در سنگهاي ديواره به شدت سيليسي شده به صورت رگچه‌اي و افشان هستند.

ارتباط كانه‌زايي با دگرشكلي و دگرساني

انطباق نتايج تجزيه نمونه‌هاي گرفته شده از ترانشه‌ها در پهنه دگرسان و كانه‌دار با واحدهاي سنگي مختلف (تصوير16) نشان دهندة همبستگي قوي بين عيارهاي بالاي طلا با واحدهاي به شدت دگرشكل شده (ميلونيت-اولترا‌ميلونيت) و دگرسان شده (سليسي- سولفيدي و كرباناتي) آتشفشاني دگرگون شده (غالبا" اسيدي) است. به طوري كه دگرساني گرمابي از نظر مكاني، ارتباط بسيار نزديكي با دگرشكلي برشي شكل‌پذير و كانه‌زايي نشان مي‌دهد.

كاني‌شناسي و پاراژنز

مطالعه مقاطع ميكروسكوپي مربوط به پهنه كانه‌دار كرويان نشانگر كاني‌شناسي ساده اين كانسار است به گونه‌اي كه پاراژنز كانه‌ها و كانيهاي در رگه‌ها و زونهاي سيليسي سولفيددار زون دگرسان، به دو صورت زير مشاهده مي‌شود:

الف) مجموعه سولفيدها و كوارتزهاي ريز بلور

ب) مجموعه سولفيدها و كوارتزهاي متوسط تا درشت بلور

كاني‌شناسي دو مجموعه الف وب مشابه هم بوده و پيريت فراوان‌ترين كانه سولفيدي تشكيل دهنده زون كانه‌دار در منطقه معدني كرويان است. به طوري كه در رگه‌ها و زونهاي سيليسي- سولفيدي ، نقش اصلي را پيريت داشته و به ندرت كالكوپيريت و پيريتهاي آرسنيك دار نيز قابل مشاهده است. طلا نيز به همراه كوارتز و پيريت اكسيده ديده مي‌شود.

كانيها

كوارتز

مهمترين كاني همراه كانه‌ها در كانسار طلاي كرويان، كوارتز است. بر اساس مطالعات ميكروسكوپي كوارتزهاي موجود در نمونه‌هاي دگرسان را مي‌توان به 3 گروه، كوارتزهاي قبل از دگرشكلي، كوارتز مرحله اوليه گرمابي و كوارتزهاي تأخيري گرمابي و همراه با سولفيد تقسيم كرد.

كوارتزهاي قبل از دگرشكلي (پورفيروكلاستها) كوارتزهايي هستند كه ارتباطي با دگرساني نداشته و قبل از دگرشكلي در سنگها حضور داشته‌اند (تصوير5).

كوارتزهاي مرحله اوليه گرمابي، كوارتزهايي هستند كه با ظاهري روشن و شفاف به دو شكل رگچه‌اي و انبوهه دانه‌اي (granular aggregate) مشاهده مي‌شوند (تصوير9). دسته سوم كوارتزها، كوارتزهايي همراه با سولفيدها هستند كه غالباً شكستگي‌ها و رگچه‌هاي واقع در كوارتزهاي مرحله اول گرمابي را پر مي‌كنند (تصوير9).

كربناتها

پس از كوارتز، كربناتها بيشترين سهم همراهي با سولفيدها

Archive of SID

www.SID.ir

را در کانسار کرویان به خود اختصاص داده‌اند و بیشترین گسترش را در واحدهاي آتشفشاني بازي دگرگون و دگرسان شده دارند.
با توجه به مطالعات صورت گرفته، عملکرد دگرساني کرباناتي شامل دو
مرحله است: مرحله‌اي که در ارتباط با مراحل نهايي دگرساني گرمابي و در ارتباط با فاز دگرشکلي شکل‌پذير (تصوير17) است و مرحله‌اي که بسيار جوان بوده و شامل فرايند هوازدگي و سوپرژن مي‌شود.

کانه‌هاي سولفيدي کانسار کرويان

مقدار سولفيدهاي اين تيپ (کانسار) بسيار کم و ترکيب آنها بيشتر شامل پيريت و به مقدار جزئي کالکوپيريت و پيريتهاي آرسنيك‌دار است. سولفيدهايي مانند گالن، اسفالريت، کوولیت و .... در مقاطع مطالعه شده مشاهده نشده که البته نتايج حاصل از تجزيه‌شيميايي نيز اين مطلب را تأييد مي‌کند، به طوري که مي‌توان آنها را به عناصر درون شبکه بلوري کانه‌ها مربوط دانست.

پيريت(FeS2)

پيريت فراوان‌ترين کاني سولفيدي در زون دگرسان و کانه‌دار کرويان است به طوري که تقريبا" بيش از 95 درصد کانه‌هاي سولفيدي موجود در کانسار را شامل مي‌شود و در بيشترين ميزان خود در بخشهاي به شدت دگرسان و دگرشکل شده زون کانه‌دار،2 تا 3 درصد حجم سنگ را اشغال مي‌کند.
پيريتهاي موجود در واحدهاي دگرسان شده پهنه دگرسان را بر اساس مقياس ميکروسکوپي و حتي نمونه دستي مي‌توان به دو نسل زير تفکيك کرد:
الف) نسل اول پيريتها، در اندازه‌هاي بيش از 200 ميکرون تا ميلي‌متر به صورت خودشکل و دانه درشت ديده مي‌شوند، بيشترجهت‌يافته و داراي ظاهري لامينه است (تصوير18).
ب) نسل دوم پيريتها شامل پيريتهاي بي‌شکل و ريز بلور است که به صورت افشان در واحدهاي دگرسان شده ديده مي‌شوند (تصوير 19). اين پيريتها گاهي جهت‌يافته بوده و به موازات برگوارگي ديده مي‌شوند. گاه در اطراف کانه‌هاي آهن‌دار دگرسان شده و در بخش سنگ ديواره نيز قرار مي‌گيرند اما به طور عمده، به صورت افشان در سنگ ديواره پراکنده‌اند و در مراحل انتهايي فعاليتهاي گرمابي حاصل شده‌اند.

کالکوپيريت

در بعضي نمونه‌هاي مطالعه شده، کالکوپيريت در مقادير بسيار ناچيز، و به ندرت کانسنگ سيليس را همراه با دو فاز پيريت (اول و دوم) همراهي مي‌کند. کالکوپيريت در پيريتهاي درشت، اغلب به صورت ميانبارهاي ريز (50 تا150ميکرون) و در درون پيريتهاي خودشکل، به حالت محلول جامد مشاهده مي‌شود که در حاشيه، در دگرساني به کوولیت تغيير يافته است.کالکوپيريت با پيريتهاي ريز، کاملا"از نظر روند و اندازه مطابقت دارد (تصوير 20) و نشان از تشکيل همزمان آنها در يك فاز دارد.

پيريتهاي آرسنيك‌دار

بررسي کانيهاي پيريت (درشت وريز) توسط ميکروسکوپ الکتروني (SEM) ، وجود مقادير کمي آرسنيك را در شبکه ساختاري برخي پيريتهاي منطقه نشان داده است.

رآلگار

رالگار به عنوان يك کاني سولفيدي در يك نمونه مشاهده شده است. در اين نمونه، کانه مذکور به صورت ريز بلور همراه با کانه‌هاي اکسيدي (تيتانومگنتيت) و پيريتهاي درشت بلور مشاهده مي‌شود. ابعاد آن به ندرت از 10 ميکرون فراتر مي‌رود (تصوير21).

طلا

بر اساس مطالعات ميکروسکوپي و ميکروسکوپ الکتروني واحدهاي عياردار و پرعيار در پهنه دگرسان کرويان، طلا در دو حالت زيرقابل مشاهده است :
<u>الف) در داخل کوارتز و به صورت آزاد</u>
بخش عمده طلاي کانسار کرويان به صورت دانه‌هاي آزاد در کوارتز (نسل دوم) وجود دارد. اين طلاها اغلب ريز دانه بوده و ابعاد بزرگ‌ترين آنها به 30 ميکرون در مقاطع مورد مطالعه مي‌رسد (تصوير22). اين تيپ طلا معمولا" همراه با پيريتهاي ريز دانه و همروند با آنها مشاهده مي‌شود (تصوير23) و در مواردي در جهت کشيدگي کانيهاي فيلوسيليکاتي دگرسان (همچون کلريتهاي حاصل از دگرساني کاني بيوتيت) به صورت جهت‌يافته و همروند با برگوارگي و همراه با پيريتهاي ريز دانه ديده مي‌شود (تصوير23) که نشان از تشکيل همزمان آنها با دگرساني سولفيدي در پهنه‌هاي برشي شکل‌پذير و در حين دگرشکلي است.
<u>ب)در داخل فازهاي سولفيدي</u>
بررسيهاي ميکروسکوپي سولفيدهاي پهنه کانه‌دار بويژه پيريتهاي اکسيده، حکايت از حضور طلا به صورت دانه‌هايي به ابعاد کوچك‌تر از 5 ميکرون در هر دوفاز پيريت (ريز ودرشت) دارد که در حاشيه‌آنها به صورت آزاد شده قابل تشخيص است. تجزيه آنها توسط ميکروسکوپ الکتروني، طلا بودن اين کانيها را تأييد مي‌نمايد (تصاوير24 و25).
بنابراين طلا هم به صورت آزاد و هم همراه با پيريت به صورت ميانبار و يا همرشد با آن و همچنين در پيريتهاي آرسنيك‌دار

Archive of SID

www.SID.ir

(نسل دوم سولفيدها) در بخشهاي غني از سولفيد مشاهده مي‌شود.
بررسي ميكروسكوپي و ميكروسكوپ الكتروني واحدهاي عياردار و پرعيار در پهنه دگرسان نشان دهنده آن است كه مقاطعي كه داراي پيريتهاي ريزدانه بيشتري مي‌باشند، احتمالا طلاي آزاد بيشتري نيز دارند. عيار طلاي موجود در واحدهاي عياردار رابطه مستقيمي با ميزان فراواني سولفيدها بويژه سولفيدهاي ريزدانه دارد. حضور طلاي آزاد در موقعيت و روند سولفيدهاي ريز و همراهي آنها با كوارتزهاي نسل دوم نيز گواهي بر تأييد كاني‌زايي اصلي طلا در مرحله دوم دگرساني سولفيدي (سولفيدهاي ريز بويژه پيريتهاي ريز) در كانسار طلاي كرويان است.
در مطالعات(SEM) طلا همراه با باطله كلسيتي مشاهده نشد، اما در نمونه‌ها و مقاطعي كه داراي كلسيت فراوان و عيار بالائي است (واحد آتشفشاني دگرگون شده بازيميلونيتي كاملا" دگرسان) طلا در كوارتز مشاهده مي‌شود. نتايج تجزيه شيميايي طلاي آزاد، حضور مقدار بسيار پايين نقره را در شبكه ساختاري آن نشان مي‌دهد، ولي اين كانه (نقره) به صورت آزاد در مقاطع مطالعه شده مشاهده نگرديد.

كانه‌هاي اكسيدي

-تيتانومگنتيت، مگنتيت و ايلمنيت

اين اكسيدها همراه با سولفيدها، پيريت و كالكوپيريت در سنگهاي آتشفشاني دگرگون شده بازي مشاهده مي‌شوند، اما شواهد بافتي موجود، حكايت از تشكيل فاز اكسيدي (مگنتيت، ايلمنيت) جدا و قبل از فاز سولفيدي دارد .

هيدروكسيدهاي آهن

هماتيت، گوتيت و ليمونيت

در اثر عملكرد آبهاي جوي (فرايندسوپرژن) از خلال درز و شكافها و مجاري آبگذر موجود در سنگها، كانه‌هاي سولفيدي آهن‌دار (اغلب پيريت) از حاشيه و مرز شكستگيها، به طور بخشي و گاه كامل به هيدروكسيدهاي آهن (عموما" گوتيت، ليمونيت و هماتيت)تبديل شده‌اند .
هيدروكسيدهاي آهن اغلب بافت كلوفرم داشته و معمولا" بقاياي از پيريت اوليه را به صورت بافت جزيره‌اي و باقيمانده در بردارند.

توالی پاراژنتیک کانه‌ها و کانیها

بر مبنای مشاهدات انجام شده در روی زمین، نمونه دستی و مطالعات میکروسکوپی و میکروسکوپ الکترونی (SEM) انجام گرفته، مي‌توان توالي پاراژنتيك زير را براي كانه‌زايي در كانسار طلاي كرويان در نظر گرفت (جدول 1) :

- در نمونه‌هاي زون كانه‌دار، سه نوع كوارتز ديده مي‌شود كه نوع اول پورفيروكلاست بوده و نوع دوم و سوم (نسل اول و دوم) در اثر دگرساني گرمابي تشكيل شده‌اند. كوارتزهاي نوع سوم نسبت به نوع دوم تأخيري‌تر بوده و شكستگيهاي آن را پرمي‌كنند.
- پيريت نيز در 2 نوع و يا دو نسل به صورت زير ديده مي‌شود:
الف) پيريتهاي درشت بلور وشكل‌دار، كاملا" جهت‌يافته (به موازات فابريكC) همراه با كانيهاي كوارتز و كربنات .
ب)پيريتهاي بي‌شكل و ريز بلور و همراه با كوارتز و كربنات كه به صورت جهت يافته و افشان و پركننده فضاهاي حاصل از برگوارگي (فابريك S) و حفره‌ها و رگچه‌هاي درون كانيها (فابريك E).
- طلا به صورت دانه‌هاي بي‌شكل و معمولا" با حاشيه مضرس و نامنظم در ابعادكمتر از 30 ميكرون در كوارتز و نيز به صورت دانه‌هايي اغلب در ابعاد كمتر از 5 ميكرون در سولفيدهاي همرشد با كوارتز (نسل دوم) و كربنات ديده مي‌شوند.

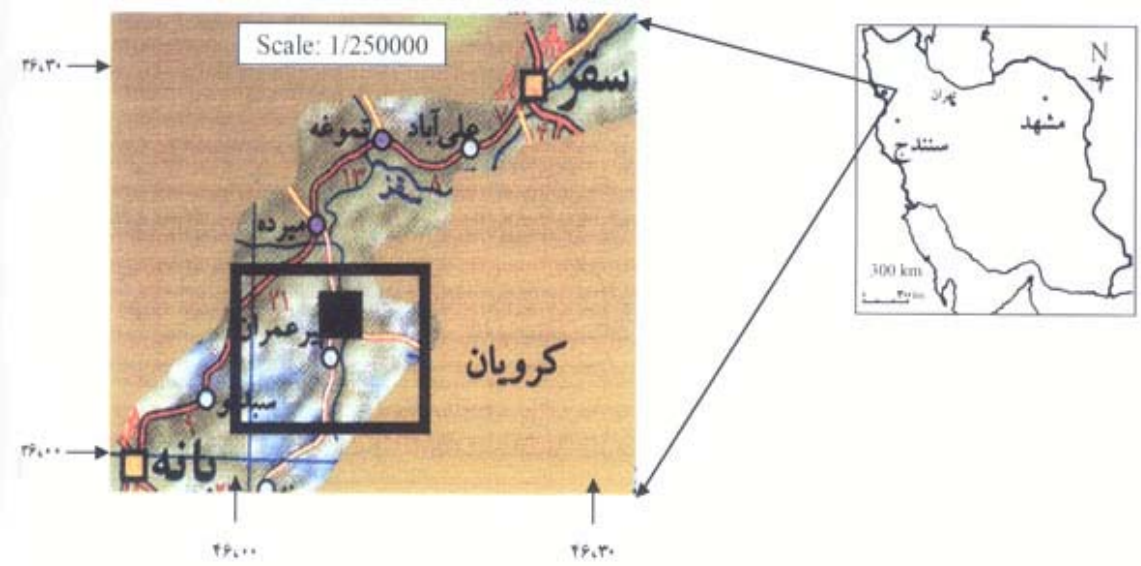
نتیجه‌گیری

كانه‌زايي در كانسار كرويان را مي‌توان در دو مرحله در نظر گرفت:
الف) فاز اوليه كانه‌زايي كه شامل كانيهاي كوارتز+كربنات +سولفيدهاي درشت (=+طلا) + كلريت + مسكوويت +- اكسيدهاي آهن است و كانه‌زايي در آن در حد غني شدگي‌بوده و پيش درآمدي براي مرحله اصلي كانه‌زاي طلا به شمار مي‌آيد كه منجر به تشكيل واحدهاي عياردار و غني شده در سراسر زون كانه‌دار مي‌گردد.
ب) فاز دوم كه شامل كانيهاي كوارتز + طلاي آزاد + پيريتهاي ريز (+ طلا) + كالكوپيريت + كربناتهاي آهن‌دار + كلريت و مسكوويت است، فاز اصلي كانه‌زايي طلا در كانسار طلاي كرويان در بر مي‌گيرد و واحدهاي پرعيار در طي اين مرحله در پهنه دگرسان كرويان تشكيل مي‌گردند.
بنابراين، جانشيني و ته‌نشيني طلا بخشي از سامانه دگرساني به شمار مي‌آيد. بدين معني كه كانيهاي اصلي طلادار در ارتباط با دگرساني گرمابي(سولفيدي، سيليسي وكرباناتي) ته‌نشين شده و واحدهاي پرعيار و سنگهاي به شدت دگرسان لزوما" يكي هستند، با اين ويژگي كه تمركزهاي زياد طلا درآن صورت گرفته است.
در نهايت، ويژگيهاي ساختاري، نوع سنگ ميزبان، دگرساني، پاراژنز و بالاخره مشخصات كانه‌سازي كانسار كرويان با كانسارهاي طلاي پهنه‌هاي برشي خميري مقايسه (جدول 2) و نتيجه بررسيها و داده‌ها حاكي از آن است كه كانسار

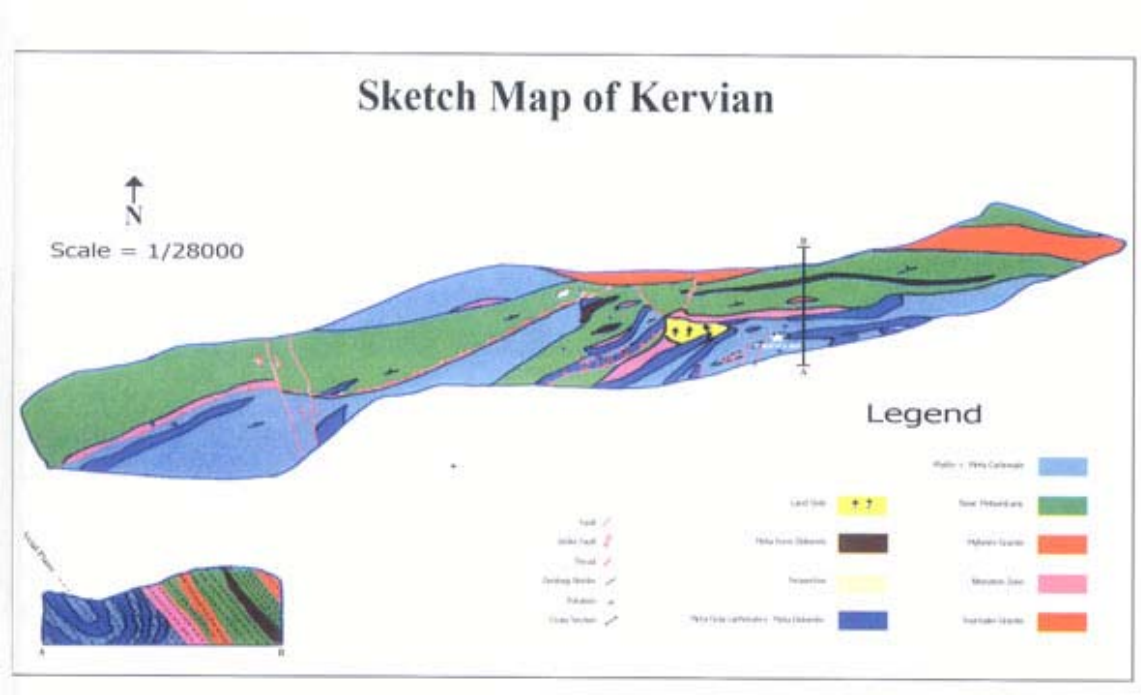
Archive of SID

www.SID.ir

طلاي كرويان بيشترين شباهت را با كانسارهاي طلاي پهنه هاي برشي شكل‌پذير دارد.

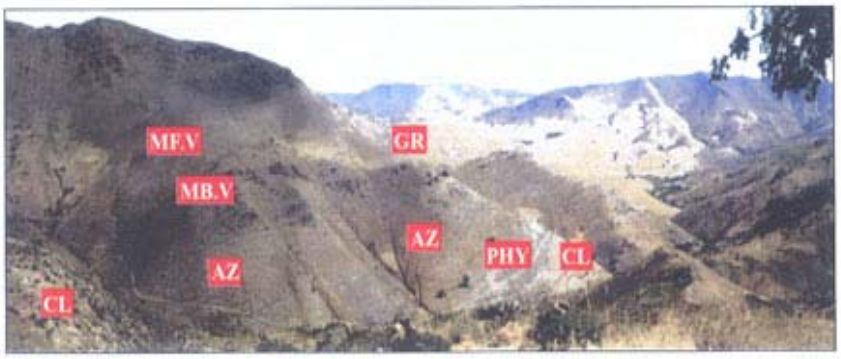


تصوير1- موقعيت جغرافيايي و راههاي دسترسي منطقه معدني كرويان.
موقعيت روستاي كرويان با علامت (■) مشخص شده است.

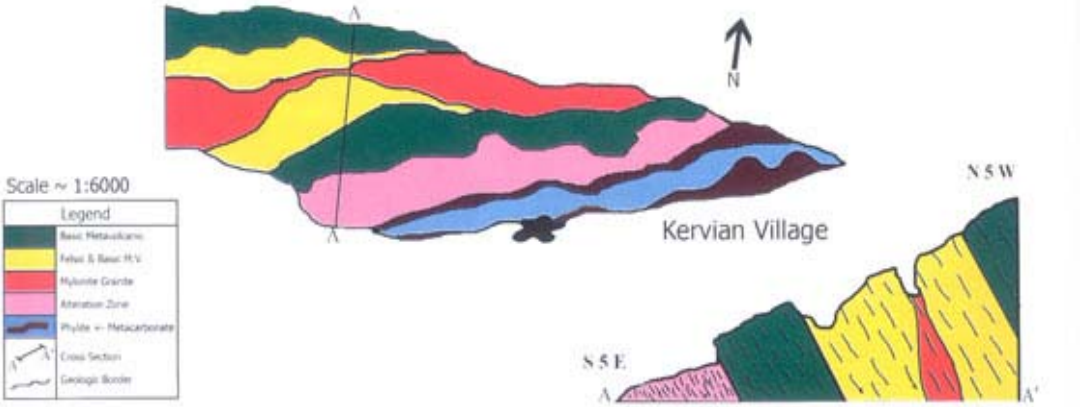


تصوير 2- نقشه زمين‌شناسي منطقه معدني كرويان (محجل، 1381)

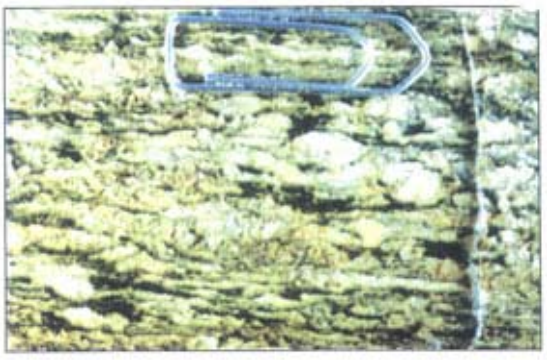
www.SID.ir



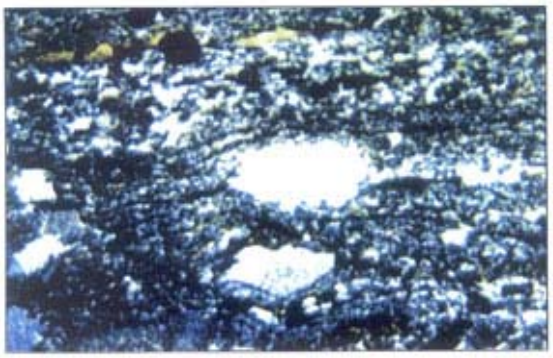
تصوير1-3- الف- نمايي از توالي واحدهاي آتشفشاني- رسوبي دگرگون شده، پهنه دگرسان وگرانيت ميلونيتي در منطقه معدني كرويان
GR: گرانيت ميلونيتي MB.V: آتشفشاني بازي دگرگون شده MF.V :آتشفشاني فلسيك دگرگون شده CL:
آهك بلورين PHY: فيليت AZ: پهنه دگرسان



تصوير1-3- ب- واحدهاي رخنمون يافته در منطقه معدني كرويان با توجه به تصوير 3-1-الف همراه با مقطع زمين‌شناسي (علامتهاي خط چين در واحدهاي نشان داده شده در مقطع A-A' نشان‌دهنده ميلونيتي شدن و جهت شيب برگواره ميلونيتي مي‌باشد)

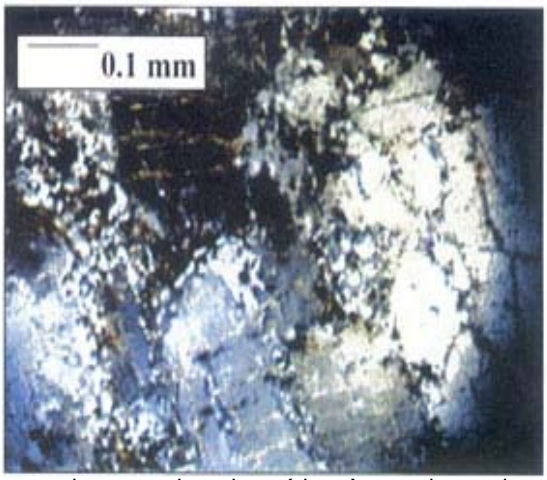


تصوير4- گرانيت ميلونيتي كه در آن كاملا كانيهاي تيره (بيوتيت و كلريت) و روشن(كوارتز و فلدسپار) تفكيك شده و برگوارگي ميلونيتي قابل تشخيص است.

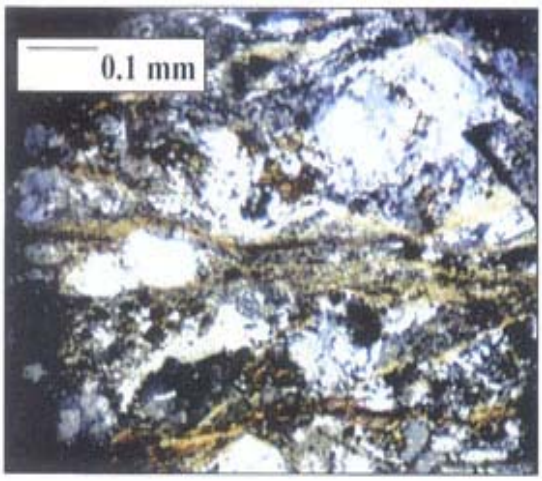


تصوير5- نمايي ميكروسكوپي از يك واحد دگرشكل شده ميلونيتي و دو نوع دانه‌بندي، پورفيروكلاست و زمينه در آن، پورفيروكلاستها قبل از دگرشكلي در سنگ حضور داشته‌اند.

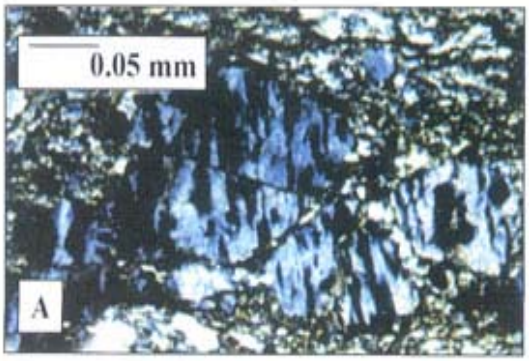
www.SID.ir

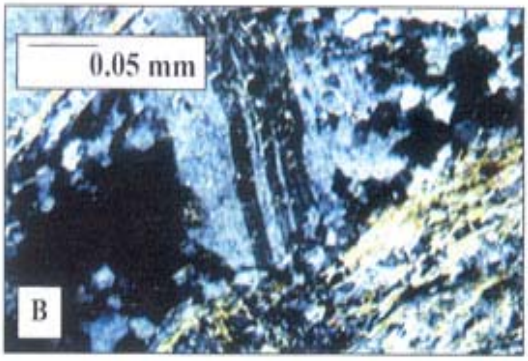


تصوير6- بافت ساروجي (مورتار) در واحدهاي پروتوميلونيتي. كانيهاي ريز (اغلب كوارتز) در بين كانيهاي دانه درشت (فلدسپار) توجه شود (در نور پلاريزه).

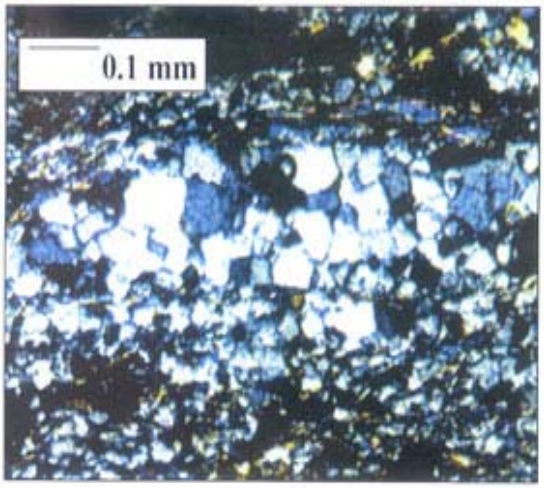


تصوير 7- بافت ساروجي در ميلونيتها



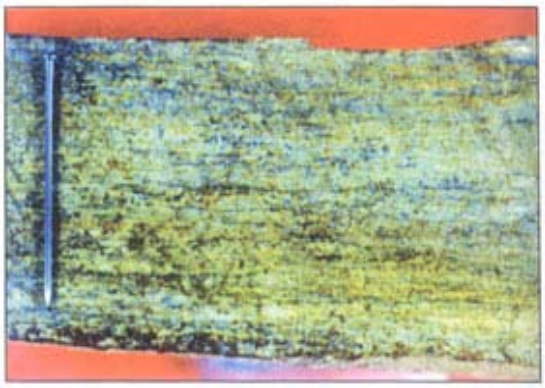


تصوير8- تبلور دوباره و جهت‌يافتگي بلورها در راستاي برگوارگي همراه با به هم ريختگي دوقلوهاي فلدسپار و پيچ وتاب خوردگي آنها درطي دگرشكلي شديد در واحدهاي ميلونيتي.
A) نمايي ازخردشدگي فلدسپار و به هم ريختگي دوقلوهاي آنها در سنگهاي ميلونيتي كه تحت تأثير دگرشكلي حاصل بوده‌اند.
B) پديده تشكيل شكنج در پورفيروكلاست فلدسپار كه چرخش نيز نشان مي‌دهد (حين دگرشكلي ميلونيتي)

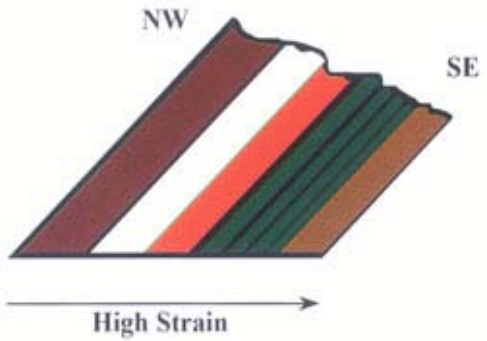


تصوير9- كوارتزهاي مرحله اول گرمابي (نوع دوم) با ظاهري روشن و درشت و به صورت انبوهه دانه‌اي در مركز عكس به صورت كشيده (جهت يافته) مشاهده مي‌شود. كوارتزهاي نسل سوم در دو طرف بالا و پايين آن همراه با سولفيدها و همچنين در داخل شكستگيهاي آن ديده مي‌شود كه ظاهري كمي كدرتر و ريزتر در عكس از خود نشان مي‌دهد (نور معمولي).

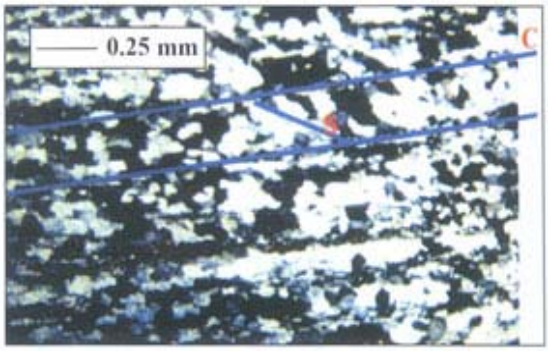
www.SID.ir



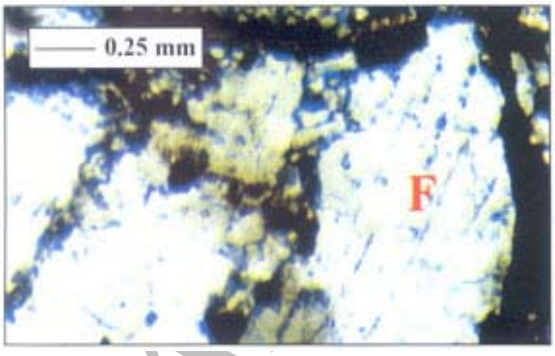
تصوير10- واحدهاي اولترامیلونیت در مقیاس نمونه دستي كه بيشترين شدت دگرشكلي (كاملا برگوارگي و جهت‌يافتگي كاني‌ا و سولفيدهاي حاصل از دگرساني در آن مشهود است) را در پهنه دگرسان تحمل كرده‌اند (به تصوير ميكروسكوپي آن تصوير 11 توجه شود).



تصوير11- نمايي شماتيك از تغييرات شدت دگرشكلي در پهنه‌برشي كرويان. هرچه به سمت جنوب خاور (روستاي كرويان) نزديك مي‌شويم بر شدت دگرشكلي (تعداد خطوط كنار هم) افزوده مي‌شود.

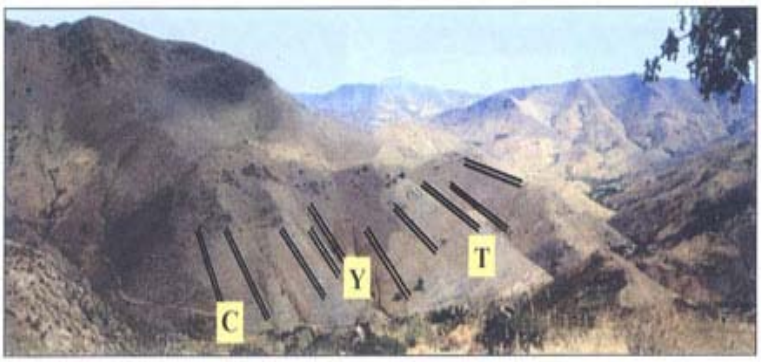


تصوير12- مقطع ميكروسكوپي از واحد اولترامیلونيتي كه كاملا كانيهاي آن جهت يافته، متبلور و هم اندازه شده‌اند افزون بر آن، در اين مقطع فابريكهاي باند برشي(S/C) مشاهده مي‌شود.



تصوير13- ريزشكستگيها و شكستگيهايي كه در پورفيروكلاست فلدسپار (F) در حين دگرشكلي و جريانهاي كاتاكلاستيكي ايجاد شده وتوسط كانيهاي سولفيدي و كوارتز پرشده است.

www.SID.ir



تصوير 14- نمايي از پهنه كانه‌دار و دگرسان كرويان همراه با ترانشه‌هاي حفر شده در آن، T, Y, C ، نام ترانشه‌ها است شمال روستاي كرويان .

جدول1- توالي پاراژنزي كانيهاي موجود در كانسار طلاي كرويان

Mineral		Preore	Hydrothermal			Weathering
			First Stage	Second Stage		
				First Phase	Second Phase	
Pyrite	I			▬		
	II				▬	
Chalcopyrite				- -	- - -	
Realgar					- -	
Quartz	I	▬				
	II		▬			
	III			▬	▬	
Calcite(+- Ankrite)				- -	▬	
Gold				- - -	▬	
Ilmenite &Magnetite		▬				
Fe-Hydroxide						▬

www.SID.ir

جدول 2- مقايسه ويژگيهاي كانسار طلاي كرويان با مشخصات مهم كانسارهاي طلاي در ارتباط با پهنه‌هاي برشي

نوع شاخص	مشخصات كانسارهاي طلاي مرتبط باپهنه‌هاي برشي شكل‌پذير	منابع	مشخصات كانسار طلاي كرويان
محيط زمين ساختي	محيطهاي كوهزايي افزايشي كه از نزديك شدن صفحات همگرا، فرورانش پوسته اقيانوسي و برخورد صفحات با همديگر حاصل مي‌شوند.	26-13-19-16-2-6-5-14-20-29	توسط محققين مختلف (از جمله محجل،2003) محيط فرورانش و نهايتا" برخورد صفحه عربي با ايران در نظر گرفته شده است.
جايگاه ساختاري ناحيه‌اي	كمربندهاي دگرگوني و دگرشكلي حاشيه قاره‌ها كه توده‌هاي نفوذي با تركيب حد واسط تا اسيدي در آن نفوذ نموده است (كمربندهاي ولكانوپلوتوني) و از ديگر مشخصه آنها وجود گسلهاي عميق با شيب تند تا متوسط است.	25-1-18-16-11-10-9-26-6-2-13	بخش شمال‌باختري پهنه دگرگوني ماگمايي سنندج سيرجان و در زير پهنه با دگرشكلي پيچيده (محجل وسهندي، 1378) كه در آن گسلهاي راندگي با امتداد شمال‌باختر- جنوب خاور همروند با زاگرس گسترش يافته‌اند
دگرگوني ونوع رخساره	دگرگوني از نوع ناحيه اي و پيشرونده و عمدتا در رخساره شيست‌سبز (بالايي تا پاييني) و در رخساره‌هاي با دماي بالاتر كمتر مشاهده شده است	16-13-2-17	دگرگوني ناحيه‌اي و در رخساره شيست‌سبز
ارتباط با توده‌هاي نفوذي ونقش‌آنها	عمدتا"ارتباط زايشي با كانه‌زايي ندارد. بيشتر نقش تأمين حگرما و بالا بردن گراديان زمين گرمايي منطقه را به عهده دارند	13-21-31-16-30-20-3-14	سنگ ميزبان كانه‌زايي نمي‌باشند، شواهد موجود دال بر بي ارتباطي توده‌هاي نفوذي با كانه‌زايي از لحاظ زايشي است ولي شار گرمايي آن در تمركز كانه و دگرشكلي نقش دارد.
عوامل كنترل كننده كانه‌زايي	عوامل ساختاري كه در ارتباط با پهنه‌هاي برشي شكل‌پذير و ميلونيتي و دگرساني است	24-1-31-28-16-11-18-2	پهنه‌هاي برشي شكل‌پذير و ميلونيتي و دگرسان
گسترش و ابعاد كانسار و شكل ذخيره	براي اين كانسارها عرضي حدود 0/1 كيلومتر و طولي متغير، 5-10 كيلومتر و گسترش عمقي 1 تا 2 كيلومتر گزارش شده است. ذخيره به صورت رگه‌اي و يا عدسي شكل در واحدهاي دگرشكل و دگرسان مشاهده مي‌شود	16-28-11	اين كانسار با طولي بيش از 2/5 كيلومتر و پهناي متوسط 60 متر (0-120) با ژئومتري عدسي شكل گسترش يافته است ضمن اينكه ادامه آن قابل تعقيب مي‌باشد
سنگ ميزبان	انواع گسترده‌اي از سنگها مي‌تواند سنگ ميزبان كانسارهاي طلاي پهنه‌هاي برشي فانروزوييك باشد، اما گسترش آن در واحدهاي آتشفشاني رسوبي بيشتر گزارش شده است	13-16-14	پهنه كانه‌دار منطقه كرويان به طور عمده از آتشفشانيهاي دگرگون شده فلسيك و بازي كاملا دگرشكل همراه با واحدهاي فيليتي و كرباناتي تشكيل شده است.
دگرساني هيدروترمال ي	عمدتا" شامل كرباناتي شدن، آلبيتي‌شدن، سريسيتي شدن، سيليسي شدن، سولفيدي شدن، كلريتي‌شدن، و ليستونيتي‌شدن مي‌باشد كه كاملا" وابسته به نوع سنگ ميزبان است.	31-21-12-16-27-18	عمدتا شامل كلريتي شدن، سريسيتي شدن، سيليسي شدن، كرباناتي‌شدن و سولفيدي شدن است.
عناصر تشكيل دهنده كانه (عنصركانه ساز)	**Au-Ag**	31-13	**Au**
كاني‌شناسي وپاراژنز	در دو مرحله تشكيل مي‌شوند: فاز اوليه شامل كوارتز، كربناتهاي آهن-منيزيم-كلسيم، آرسنوپيريت، پيريت (+-طلا)، آلبيت، سرسيت، كلريت، شئليت، استيبنيت، پيروتيت، تتراهدريت، كالكوپيريت، تورمالين فاز ثانويه: طلا، گالن، اسفالريت، تلوريدها	31-13	فاز اوليه شامل: كوارتز، كلسيت و كرباناتهاي آهن‌دار، سرسيت، كلريت، مسكويت، پيريتهاي خودشكل گاه طلادار و فاز ثانويه شامل: طلا، كوارتز، پيريت، پيريتهاي آرسنيك‌دار، كالكوپيريت و رالگاراست
جايگاه كاني سازي در ارتباط با دگرشكلي	كاني‌سازي در پهنه‌هاي برشي ودر فضاهاي حاصل از دگرشكلي شكل‌پذير كه به موازات برگوارگي و يا بدون جهت خاصي در كانسنگها است قرار مي‌گيرد. شدت كانه سازي كاملا در ارتباط با شدت دگرشكلي است.	28-31-5-4-6-7	كانه‌زايي در فابريكهايSوC ودرزه‌ها كه تحت تأثير دگرشكلي شكل‌پذير حاصل شده و توسط نفوذ سيالهاي كانه‌دار در آن پر شده قرار دارد. ضمنا شدت كانه سازي كاملا در ارتباط با شدت دگرشكلي است.

Archive of SID

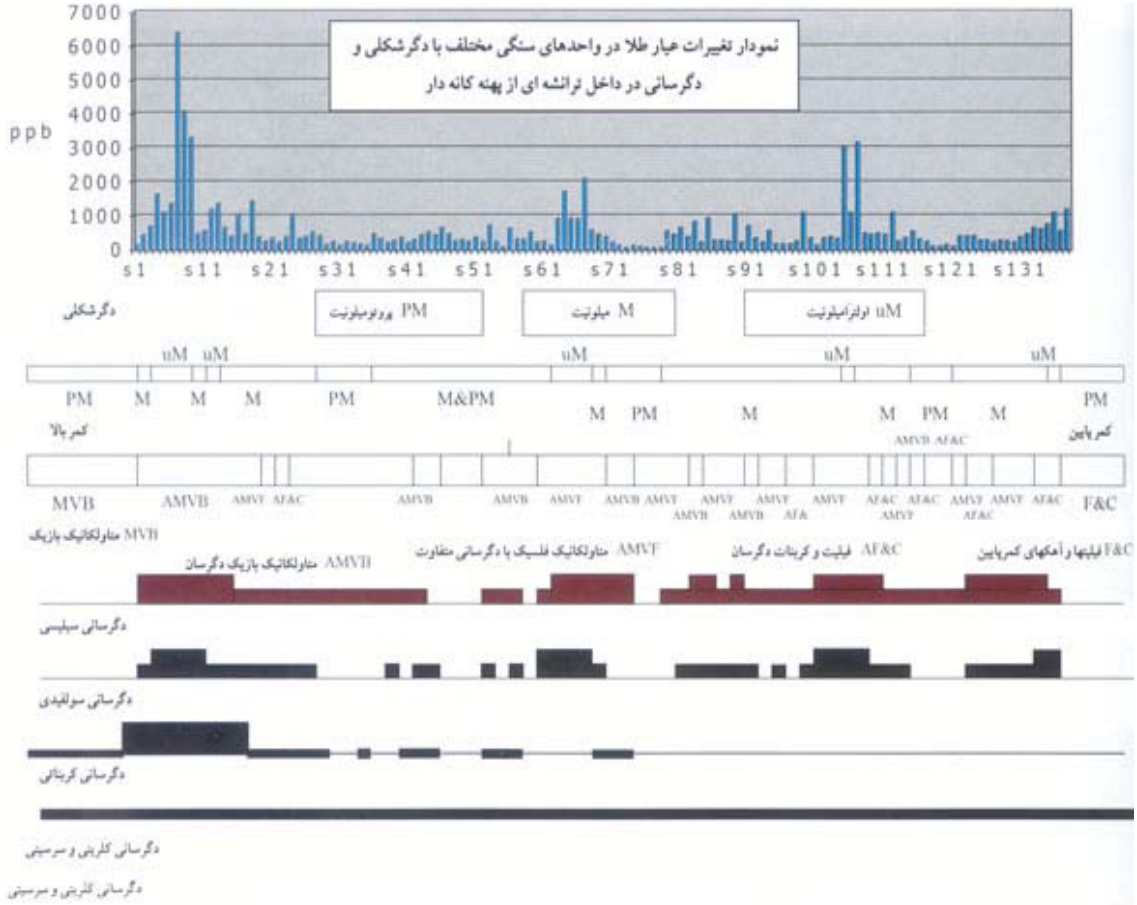
www.SID.ir

فابريكهاي موجود تحت تاثير دگرشكلي شكل‌پذير ايجاد و از نوع ميلونيتي است كه از پروتوميلونيت تا اولترامیلونیت در پهنه برشي كانه‌دار گسترش دارد و بافت‌هاي شاخص آنها ساروجي و يا مورتار است.	31-28-7-4-6	فابريك واحدهاي سنگي منطقه، تحت تأثير دگرشكلي شكل‌پذير و از نوع فابريك ميلونيتي است كه از پروتوميلونيت تا اولترامیلونیت در منطقه گسترش داشته و بافت شاخص آنها ساروجي است.	**فابريك و بافت شاخص**
دماي تشكيل آن با توجه به نوع كانيها (كانيهاي دگرساني همراه كانه‌زايي) در درجه رخساره شيست‌سبز (240-320) در نظر گرفته مي‌شود	14-10-16-18-13-24، 15	دماي 180-700 درجه را براي آن در نظر مي‌گيرند اما عمده كانسارهاي آنها، دمايي بين 200-400 درجه نشان مي‌دهند.	**دماي تشكيل**
سن آنها براساس مطالعات انجام شده به نظر مي‌رسد به مزوزوييك (كرتاسه پسين) منسوب باشد	13-16-24-15	به تمامي زمانها متعلق‌اند ولي در بين زمانهاي فانروزوييك، بيشترين گسترش را در پالئوزوييك پسين و ژوراسيك تا ترشيري دارند.	**سن**
نحوه تشكيل اين كانسار با توجه به تشكيل آن در شرايط دگرشكلي شكل‌پذير و با توجه به شواهد موجود، بيشتر به گروهي كه تمركز كانه‌زايي را در ارتباط با سيالهاي دگرگوني مي‌دانند نزديك‌تر است.	13-24-31-3-8-23-25-5	دو نحوه تشكيل براي اين تيپ از كانسارها از طرفداران بيشتري برخوردار است : گروهي تمركز كانه‌زايي را در ارتباط با سيالهاي دگرگوني آزاد شده در بخشهاي عميق پوسته و حركت آنها به سمت بالا با توجه به مجاري عبور (پهنه‌هاي برشي) در نظر گرفته‌اند گروه ديگر نفوذ آبهاي جوي به درون پوسته و گرم شدن و صعود اين سيالها را كه همراه با غني شـــدگي و تمركز طلا از سنگهاي در بر گيرنده مي‌باشد را به عنوان نحوه تشكيل در نظر مي‌گيرند.	**نحوه تشكيل**

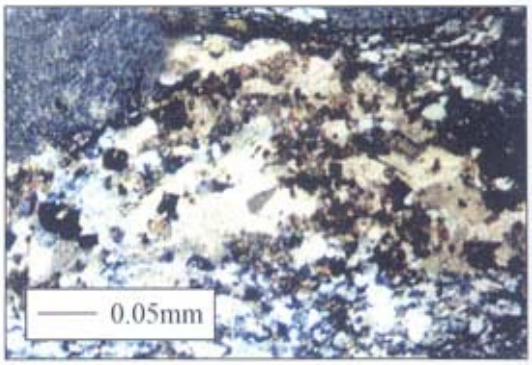
* اعداد بيانگر ترتيب منابع مورد استفاده در قسمت Reference مي‌باشد.

تصوير15- واحد آتشفشاني دگرگون شده طلادار با دگرشكلي شديد سيليسي، سولفيدي وكربناتي كه كاملا جهت‌يافتگي داشته و برگوارگي در آن قابل مشاهده مي‌باشد (ديد به سمت شمال‌خاور).

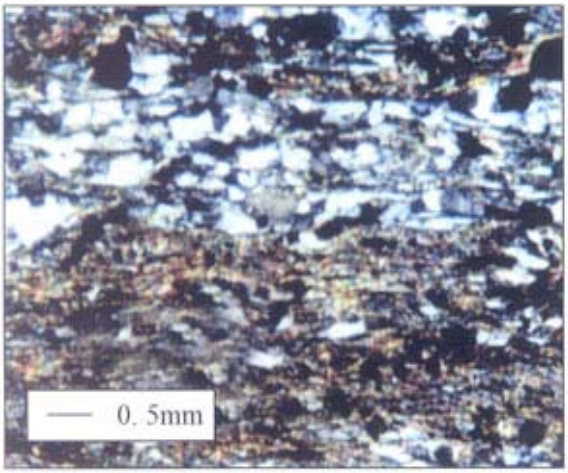
www.SID.ir



تصویر 16- نمايي كلي از تغييرات عيار طلا در برابر انواع فابريكهاي دگرشكلي (ميلونيت، پروتوميلونيت واولترامیلونیت) و دگرساني (سيليسي، سولفيدي، كربناتي، كلريتي وسرسيتي) در سنگهاي مختلف، واقع در ترانشه‌هايي كه عمود برروند پهنه كانه‌دار كرويان حفرشده است.

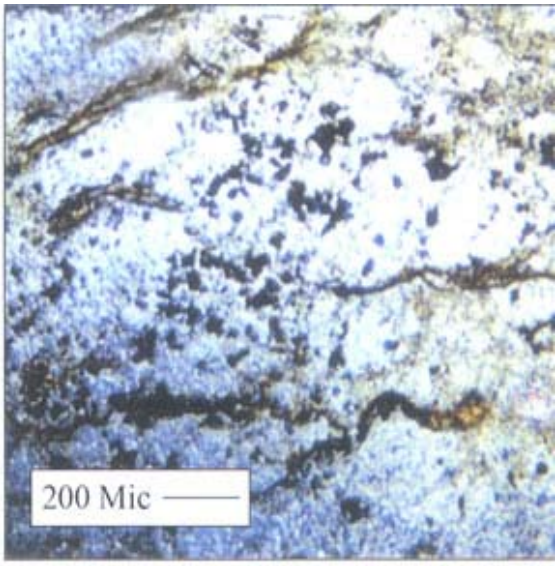


تصویر17- سنگهاي آتشفشاني بازي دگرگون و دگرسان شده كه حاوي كربناتها (در مركز تصوير و جهت‌دار)، پيريت (دانه‌هاي سياه رنگ در داخل كربناتها و گاه فلدسپارهاي دگرسان‌شده (در بالا و سمت چپ تصوير) مي‌باشند.

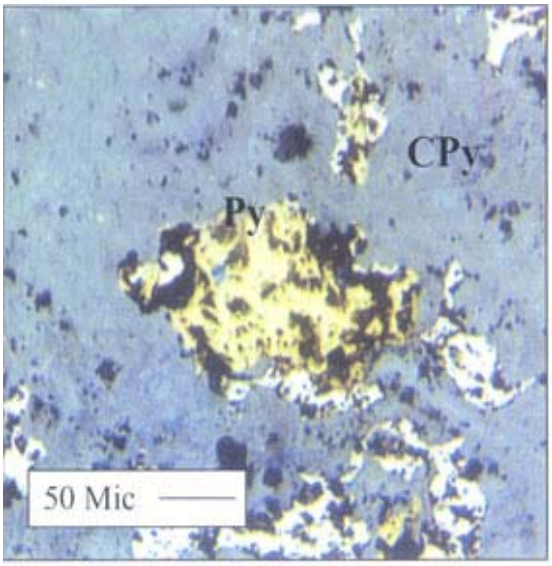


تصویر18- پيريتهاي خود شكل (نسل اول) حاصل از دگرساني سولفيدي شدن كه در جهت برگوارگي تمركز يافته‌اند (نور معمولي).

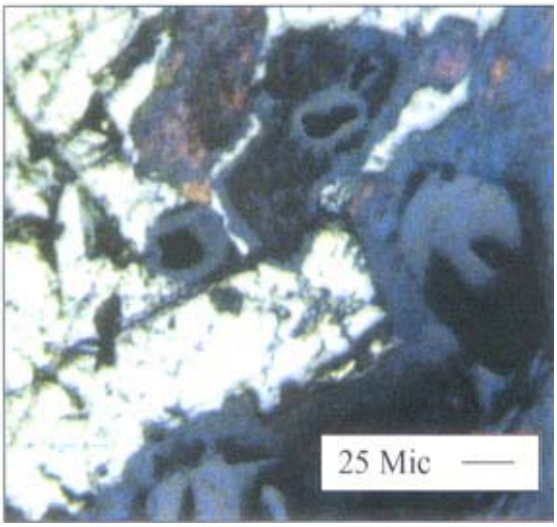
www.SID.ir



تصوير19- سولفيدهاي نسل دوم (ريز و بي‌شكل) كه به صورت افشان در واحدهاي دگرسان و دگرشكل شده پهنه دگرسان ديده مي‌شود(بدون آناليزور).



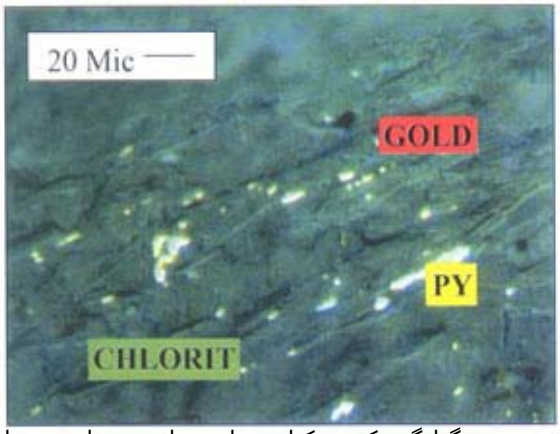
تصوير20- كالكوپيريتهاي ريزبلور، كه با پيريتهاي ريز بلور(نسل دوم)، هم اندازه و همروند مي‌باشند.



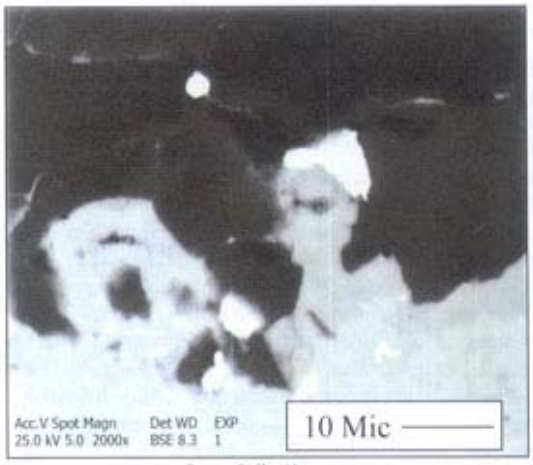
تصوير21- كاني سولفيدي آرسنيك‌دار (رآلگار) در شكستگيهاي كاني اكسيدي (تيتانومگنتيت) كه با رنگ تداخلي داخلي سرخ قابل تشخيص است و نشان از تقدم فاز اكسيدي نسبت به فاز سولفيدي دارد.

تصوير22- طلاي آزاد در داخل باطله سيليسي در نمونه‌هاي به شدت دگرسان شده (سيليسي، سولفيدي).

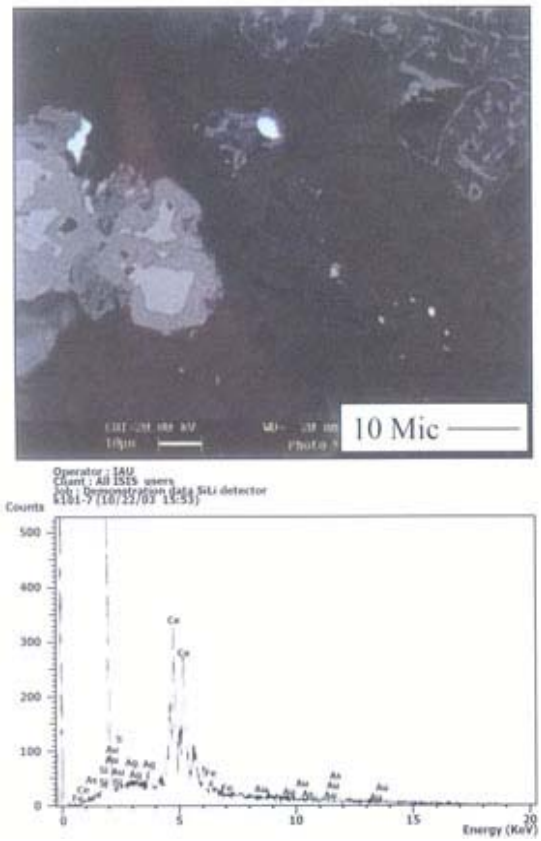
www.SID.ir



تصویر23- طلاهاي آزاد جهت‌يافته در جهت برگوارگي كه در كنار سولفيدهاي ريز دانه و در امتداد كانيهاي فيلوسيليكاتي حاصل از دگرساني (كلريت) و در سيليس ديده مي‌شوند.



تصویر24- طلاي آزاد شده از پيريتهاي درشت اكسيده همراه با نتايج تجزيه ميكروسكوپ الكتروني آن.



تصویر25- دانه‌هاي طلاي آزاد شده از پيريتهاي ريز اكسيده همراه با نتايج تجزيه ميكروسكوپ الكتروني آن.

www.SID.ir

كتابنگاري

ابوالمعالي، ش.، علوي، م.، زعيم فرخزادي، ن.، 1377- اكتشافات ژئوشيميائي سيستماتيك در محدوده برگه 1/100000 سقز، سازمان زمين شناسي و اكتشافات معدني كشور

حسني پاك، ع. ا.، 1377- گزارش ژئوشيميائي سيستماتيك در محدوده برگه 1/100000 آلوت ،سازمان زمين شناسي و اكتشافات معدني كشور، شركت توسعه علوم زمين. گزارش داخلي.

حسني پاك، ع. ا.، 1378- گزارش ژئوشيميائي سيستماتيك در محدوده برگه 1/100000 تيژتيژ ،سازمان صنايع و معادن استان كردستان. گزارش داخلي.

رشيد نژاد عمران، ن.، 1381- پترولوژي و ژئوشيمي سنگ هاي متا ولكانوسديمنتري وپلوتونيك منطقه موته (جنوب دليجان) با نگرشي ويژه به خاستگـــاه كاني سازي طلا. رساله دكترا ،دانشكده علوم پايه ، دانشگاه تربيت مدرس.

محجل، م.،1381- گزارش نقشه زمين‌شناسي، ساختاري و آلتراسيون منطقه معدني كرويان (1/5000)، طرح اكتشاف طلاي سازمان زمين‌شناسي و اكتشافات معدني كشور.

محجل، م. و سهندي، ر.، 1378- تكامل تكتونيكي پهنه سنندج سيرجان در نيمه شمال باختري و معرفي زير پهنه‌هاي جديد درآن, فصل نامه علوم زمين شماره 31-32 ، سازمان زمين شناسي و اكتشافات معدني كشور.

محجل، م. وشمسا، س. م. ج.،1380- فابريك سنگهاي طلادار منطقه كرويان, نوزدهمين گردهمايي علوم زمين , سازمان زمين شناسي و اكتشافات معدني كشور.

References

Anderson, S.D., and Beaumont- Smith, C.J., 2001- Structural analysis of the pool Lake-Boiley lake area ,Lynn lake greenstone belt.Monitoba Geological-Survey, 76-85 P.

Bierlein, F.P., and Maher, S., 2001- Orogenic disseminated gold in phanerozoic fold belts- examples from Victoria,Ausralia and elsewhere, Ore Geology Reviews, v. 18, Issue:1-2, p.113-148.

Bohlke, J.K. and Kistler, R.W., 1986- Rb-Sr, K-Ar and stable isotope evidence for the ages and sources of fluid componentsof gold bearing quartz veins in the northern Sierra Nevada Foothills Metamorphic Belt, California, in Foster, R.P., 1993,Gold metalogeny exploration .Blackie and son .Ltd .432P.

Boyle ,R.w., 1987- Gold history and genesis of deposits .Van Nostrand Reinhold , Newyork, 627P.

chuanyong, L., Yongnian, H., Xiade, C., 1995- Relation between ductile shear zone and gold mineralization-Taking Jinchangyu Gold Mine- Eastern Hebei Province -China. Chineses Science ,Vol.14, Issue;4.

Deng, J., Yang, L., Zhai, Y., Wang, J., and Fang, Y.,1999- Crust –Mantle Interaction and Dynamics of Metallogenic System of Jiaodong gold ore concentrating area ,China, Journal of Geosciences of China ,vol.1NO1.

Dewolfe, J.C., 1995- Structure geology of shear-hosted gold deposits in the Beardmore-Greraldton Greenstone Belt, Superior province, Ontario .Mineral Exploration ResearchCenter, Departement of Earth Sciences, Laurenntian University.

Doyle, C., and Cartwright ,I., 2002- The role of fluids in retrograde shearing. Journal of Geochemical Exploration, Vol. 69-70, pp. 575-579.

Evans, A.M., 1997- An inroduction to economic geology and its environmental impact Blackwell,Sci:Pub.364P.

Evan, D.T.W., and Wilton, D.H.C., 2000- The midas pond gold prospect, Victoria Lake Group, Central New Foundland. Explor.Mining Geol., v.9, p. 65-79.

Ferkous, K., and Leblance, M., 1995- Gold mineralization in the west Hoggar shear zone , Algeria. Mineral Deposita , v. 30, p. 211-224.

Ferrari, M.A.D., and Choudhuri, A.A., 2000- Chemical and structural constraints on the paiol gold deposit, Almas greenstone belt,Brazil.Revista Brasileira de Geociencias, v.33, p. 297-301.

Foster, R.P., 1993- Gold metallogeny and exploration. Blackie and son .Ltd .432P.

Goldfarb, R.J., Phillips, G.N., and Nokleberg, W.J., 1998- Tectonic setting of synorogenic gold deposits of the pacific Rim. Ore Geology Reviews, 13:185-218.

Archive of SID

www.SID.ir

Groves, D.I., Goldfarb, R.J. , Robert, F., Hart, C.J. ,2003- Gold Deposits in metamorphic Belts: Overview of current Understanding, outstanding problems, future research, and exploration significance, Economic Geology, Vol. 98, pp, 1-29.
Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Mariam, M. ,Hgemann, S.G. and Robert, F., 1998- Orogenic gold deposits.Ore Geology Reviews, 13:7-27.
Hutchinson, R.W., 1987- Metallogeny of Precambrian gold deposits: Space and time relationship. Econ.Geol.82, 1993 - 2007.
Jelsma, H.a., Huizenga, J.M., Touret, J.L.R., 1999- Fluids and epigenetic gold mineralization at Shamva Mine, Zimbabwe:a combined structural and fluid inclusion study, v. 27, Issue.1, pp. 55-70.
Kontoniemi, O., 1997- Paleoprotezoic shear zone related gold deposit at Osi konmaki, SE Finland. Mineral Deposits :Research and Exploration ,V.11-13, pp213-216.
Kurt Stuwe, 1998- Tectonic constraints on the yiming relationship of metamorphism, fluid production and goldbearing quartz vein emplacement .Ore Geology Reviews 13:219-228.
Leonardos, O., Jost, H. and Oliveira, C.G.,1991- Gold deposits and shear zone relationships in the precambrian of Brazil. BrazilGold91, E.A.Laderia(ed).p167-169.
Mohajjel, M., Fergussen, C.L. and Sahandi, M.R., 2003- Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj -Sirjan zone, western Iran. Journal of Asian Earth Science, 21:397-412.
Passchier, C.W., and Trouw, R.A.J., 1998- Microtectonics springer, Berlin Heidelberg. New York.
Phillips, G.N., 1993- Metamorphic fluids and gold. Mineralogical Magazine, Vol. 57, pp. 365-374.
Piessens, K.,Muchez, P., Viaene, W., Boyce, A., Devos, W., Sintubin, M. and Debacker, T., 2000- Alteration and fluid characteristics of a mineralised shear zone in the lower Paleozoic of the Anglo-Brabant belt, Belgium. Journal of Geochemical Exploration, 69-70:317_321.
Read, C.M. and Cartwright, I., 2000- Meteoric Fluid infiltration in the middle crust during shearing .Journal of Geochemical, 69-70:333-337.
Sawkins, F.J., 1990- Metal deposits in relation to plate tectonic, Second Revised and enlarged Edition: Springer-Verlag.p.
Sup So, C., Taek Yun, s., Shelton, K.L., 1995- Mesothermal gold vein mineralization of the Samdong mine, Youngdong mining district, Republic of Korea, Mineral Deposita, v, 30, pp, 384-396.
Wang, H.N. and Chen, J. and Ji, J.F. and Sun, C.Y.,1999- Geochemistry and metalization of mylonite-hosted gold deposit in southern china.Ninth Annual V.M Goldschmidt Conference.
Wilkinson, J.J., Boyce, A.J., Earls, G., and Fallick, A.E., 1999- Gold remobilization by low- temperature brines: Evidence from the curraghinalt gold deposit, Northern Ireland. Economic Geology, v.94, pp. 289-296.
Woodward, L.A., 1993- Structural control of lode gold deposits in the Pony Mining district,Tobacco root Mountains, Montana. Economic Geology,88:1850-1861.
Zhou, Y. and Wang, Z., 1999- Altered ductile shear-zone host type of gold deposits from south China .Journal of Geoscience of China .1:1.

*بخش زمين شناسي دانشگاه تربيت مدرس
** سازمان زمين شناسي واكتشاف معدني كشور
*Geological Department, Ttarbiat Modaress University, Tehran, Iran
**Geological Survey and Mineral Exploration of Iran

Archive of SID
www.SID.ir