Archive of SID

زمستان ۹۳، سال بیست و چهارم، شماره ۹۴، صفحه ۳۶۹ تا ۳۸۲ (سنگ و کانی)

کانه‌زایی آهن منگنزدار در دولومیت‌های معادل سازند شتری در شمال خاور دهبید، پهنه سنندج- سیرجان جنوبی، استان فارس

منصور کاظمی راد [۱]، ابراهیم راستاد [۲*] و محمد محجل [۲]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
[۲] دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۲۱/ ۱۰/ ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: ۲۶/ ۰۵/ ۱۳۹۲

چکیده

کانسارهای آهن منگنزدار گوشتی- هنشک، گلی و چشمه اسی در شمال خاور دهبید (صفاشهر)، در ۱۷۵ کیلومتری شمال خاور شیراز قرار گرفته‌اند. این کانسارها در پهنه برشی هنشک، زیرپهنه با دگرشکلی پیچیده پهنه سنندج- سیرجان جنوبی، واقع شده‌اند. قدیمی‌ترین رخنمون‌های سنگی منطقه معدنی را شیل و ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده و آهک بلورین پرمین تشکیل می‌دهند. واحدهای دولومیتی تریاس میانی (معادل سازند شتری)، توسط گسل‌های راندگی روی سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی دگرگون و دگرشکل شده تریاس بالایی، رانده شده و به دلیل قرارگیری در پهنه‌های گسلی راندگی، غالباً تکرار شده‌اند. سنگ درونگیر ماده معدنی، دولومیت‌های تریاس میانی و ژئومتری آن عدسی‌شکل و همروند با لایه‌بندی و بافت آن توده‌ای، پرکننده فضای خالی، لامینه و دانه پراکنده است. کانی‌شناسی ماده معدنی هماتیت، مگنتیت، گوتیت، رامسدلیت، کریپتوملان و پسیلوملان بوده که همراه با دولومیت، کلسیت، کوارتز و باریت هستند. در مطالعات ژئوشیمیایی انجام‌گرفته برای تشخیص منشأ ماده معدنی نسبت‌های Mn/Fe، Si/Al و Na/Mg عناصر اصلی نشان‌دهنده تشکیل کانسار به‌وسیله فرایندهای گرمابی در یک محیط رسوبی- آتشفشانی کم‌ژرفاست. نمودارهای عناصر فرعی همگی بر محتوای پایین کانسنگ از عناصری همچون Ni، Co و Cu دلالت دارند، که نمایانگر قرارگیری کانسارهای مورد مطالعه، در محدوده کانسارهای با منشأ گرمابی است. الگوی توزیع عناصر خاکی کمیاب برای کانسنگ آهن منگنز دار منطقه نیز شباهت زیادی با الگوی توزیع عناصر خاکی کمیاب در کانسارهای رسوبی- آتشفشانی با منشأ گرمابی دارد. با توجه به ژئومتری و شکل ماده معدنی، دو نوع کانه‌زایی در منطقه قابل تشخیص است، کانه‌زایی نوع اولیه که کانه‌زایی اصلی و چیره در منطقه بوده و هم‌روند با لایه‌بندی و با میزبانی سنگ‌های دولومیتی تریاس میانی است. ماده معدنی در آن به‌صورت توده‌ای، لامینه، دانه‌پراکنده و چین‌خورده همراه با سیلیس و دولومیت است. کانه‌زایی نوع رگه‌ای همروند با گسل‌ها بوده و با میزبانی سنگ‌های دولومیتی تریاس میانی و کربناتی دگرگون شده و خردشده پرمین همراه است و ماده معدنی در آن بافت برشی یا کاتاکلاستیکی یافته است. با توجه به مجموع ویژگی‌های مطالعه شده مانند جایگاه خاص چینه‌ای، شکل ماده معدنی، بافت، توالی پاراژنتیک کانی‌ها، رخساره دولومیتی- چرتی کانه‌دار و ویژگی‌های ژئوشیمیایی، کانسارهای آهن منگنز دار شمال خاور دهبید یک نهشته چینه کران (stratabound)، با میزبان کربناتی هستند که در سنگ‌های دولومیتی تریاس میانی معادل سازند شتری در یک حوضه کم‌ژرفا تشکیل شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: آهن منگنزدار، گوشتی- هنشک، چشمه اسی، چینه‌کران، دولومیت‌های معادل سازند شتری، پهنه‌های راندگی، دهبید، سنندج- سیرجان.

***نویسنده مسئول:** ابراهیم راستاد
E-mail: rastad@modares.ac.ir

۱- پیش‌گفتار

منطقه مورد مطالعه در ۱۷۵ کیلومتری شمال خاور شیراز و ۱۹ کیلومتری شمال خاور دهبید در طول جغرافیایی ′00 °53 تا ′15 °53 خاوری و عرض جغرافیایی ′45 °35 تا ′47 °30 شمالی، در حاشیه جنوبی پهنه پرتکاپوی سنندج- سیرجان و در زیرپهنه با دگرشکلی پیچیده (Mohajjel et al., 2003) قرار گرفته است (شکل ۱). در این منطقه کانه‌زایی آهن منگنزدار در دولومیت‌های تریاس میانی، معادل سازند شتری در ایران مرکزی رخ داده است. در دولومیت‌های سازند شتری در ایران مرکزی تاکنون ذخایری از باریت به همراه سرب و روی و فلورین در منطقه کاشان- نطنز (فسخود، کمشه‌چه) (فرقانی تهرانی، ۱۳۸۲)، ذخایری از فلورین و باریت در منطقه کمرمهدی در جنوب باختر طبس (پیروزی، ۱۳۸۶) و اطراف راور و ذخایری از روی و سرب در منطقه بافق- بهاباد- راور (جلیلی، ۱۳۸۱) گزارش شده است. اکنون با توجه به رخداد معادن آهن منگنزدار در این دولومیت‌ها در ناحیه معدن خان‌خوره، در ایران مرکزی در شمال باختر دهبید (جان نثاری و رحمانی، ۱۳۸۵)، باید داشتن پتانسیل آهن- منگنز را هم به توان معدنی این دولومیت‌ها افزود. خاطر نشان می‌سازد که دولومیت‌های معادل سازند شتری در البرز به نام سازند الیکا مشهور است که رخداد معادن سرب، روی، نقره، باریت و فلورین در این دولومیت‌ها (علیرضایی، ۱۳۶۶؛ شریعتمدار، ۱۳۷۷؛ گرجی‌زاد، ۱۳۷۴) از ویژگی‌های اقتصادی آنهاست.

کانه‌زایی آهن منگنزدار در دولومیت‌های سازند شتری، در تریاس میانی، در شمال خاور خان‌خوره، در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اقلید توسط جعفریان و حاج‌حسینی (۱۳۷۴) و در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ دهبید توسط شهیدی و طراز (۱۳۷۴) گزارش شده است (شکل ۲). کانسارها و ذخایر آهن شمال خاور دهبید شامل گوشتی- هنشک (مادکانسار)، گلی و چشمه اسی در همین دولومیت‌های معادل سازند شتری در پهنه برشی هنشک از زیر پهنه با دگرشکلی پیچیده سنندج- سیرجان (Mohajjel et al., 2003) رخ داده‌اند. در این مقاله جایگاه خاص چینه‌ای، ویژگی‌های کانی‌شناسی، ساخت و بافتی، ژئوشیمیایی و ساختاری و ژنز آنها معرفی شده است.

۲- زمین‌شناسی

کهن‌ترین واحدهای سنگی موجود در ناحیه مربوط به سیلورین- دونین پیشین است که شامل کوارتزیت، ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده، فیلیت و مرمر هستند که همراه با لایه‌های نازک چرت و ماسه آهکی در شمال خاوری منطقه رخنمون دارند. واحدهای سنگی پرمین (P^l , P^m) با امتداد شمال باختر- جنوب خاور به موازات دیگر سازندهای منطقه در اطراف روستای گوشتی بیرون زدگی داشته و شامل شیل، ماسه‌سنگ و آهک بلورین هستند (شکل ۲). تریاس پیشین (TR_1^l) شامل نهشته‌های آهکی و مارنی است که به‌طور پیوسته تبدیل به دولومیت و سنگ‌آهک قهوه‌ای با

www.SID.ir

Archive of SID

سن تریاس میانی (TR_2^d) می‌شوند که در یک حوضه کم‌ژرفا و کرانه‌ای رسوب کرده‌اند (شکل ۲). تریاس پایانی (TR_3^{mkol}) پس از یک توقف در رسوب‌گذاری با فعالیت‌های آتشفشانی آغاز می‌شود (شکل ۲). حضور گدازه‌های ریولیتی و آندزیتی با سرشت آلکالن نشان‌دهنده آغاز شکافت نوتتیس در تریاس پایانی این منطقه است (شهیدی و طراز، ۱۳۷۴).

سنگ‌های ژوراسیک (شکل ۲) به‌صورت رسوب‌گذاری کرانه‌ای و کم‌ژرفا از نوع ماسه‌سنگ، کنگلومرا و شیل هستند. کرتاسه پیشین نیز با نهشته‌های ماسه‌سنگ و شیل آغاز شده و با سنگ‌های آهکی پایان می‌یابد. از اواخر الیگوسن تا اوایل میوسن دریایی کم ژرف منطقه را در بر می‌گیرد. آبرفت‌ها و پادگانه‌های آبرفتی نئوژن، جوان‌ترین سازندهای منطقه بوده که در شمال خاور محدوده بیرون‌زدگی دارند (شهیدی و طراز، ۱۳۷۴).

برای بررسی ارتباط واحدهای سنگی رخنمون یافته در محدوده مورد مطالعه از دو مقطع AA′ و BB′ (شکل ۳) استفاده شده است. در مقطع AA′، که واحدهای سنگی پهنه سنندج- سیرجان را در بر می‌گیرد، ارتباط واحدها همگی از نوع راندگی است. واحدهای دولومیتی تریاس میانی (d) میزبان کانه‌زایی آهن منگنزدار روی واحدهای آتشفشانی- رسوبی دگرگون شده تریاس بالایی (TR_3^{mkol}) رانده شده‌اند (شکل ۳- الف). مقطع BB′ هم واحدهای سنگی پهنه سنندج- سیرجان و هم پهنه ایران مرکزی را در بر می‌گیرد. در پهنه سنندج- سیرجان همچنان ارتباط واحدها گسلی و از نوع راندگی است، ولی در پهنه ایران مرکزی واحدهای چینه‌ای پرمین، تریاس زیرین، میانی و بالایی به‌صورت عادی روی هم قرار گرفته‌اند (شکل ۳- ب).

نظر به اینکه سنگ‌های درونگیر ذخایر آهن منگنزدار، دولومیت‌های تریاس میانی است که روی مجموعه آتشفشانی- رسوبی دگرگون شده تریاس بالایی رانده شده‌اند (شکل‌های ۲، ۴ و ۵)، بنابراین ویژگی‌های این واحدهای سنگی بیشتر مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- ۱. تریاس میانی

- دولومیت‌های ستبرلایه دارای عدسی‌های آهن: این دولومیت‌ها، که دارای لایه‌بندی متوسط تا ستبرلایه و توده‌ای هستند، به دلیل سختی متفاوت با دیگر سنگ‌شناسی‌ها، ظاهری پیچ و تاب خورده از خود نشان می‌دهند که دارای عدسی‌هایی هم‌روند با لایه‌بندی از آهن و منگنز هستند. دولومیت‌ها بیشترین گسترش را در محل معدن مادکانسار (گوشتی- هنشک) دارند. واحد دولومیتی به دلیل داشتن سیلیس (چرت)، دارای سطحی زبر و خشن بوده و به سختی می‌شکند. رخساره دولومیتی دارای بلورهای دولومیت ریزدانه (با ابعاد ۱۰ تا ۱۵ میکرون)، شکل‌دار تا نیمه‌شکل دار و دارای مرزهای بلوری نامنظم است. در بررسی‌های میکروسکوپی هیچ گونه آثاری از تبلور دوباره و یا پهنه‌بندی در این دولومیت‌ها دیده نشد و تنها ناخالصی‌هایی مانند بلورهای پلاژیوکلاز و کوارتز در آنها دیده می‌شود. ماده معدنی در این دولومیت‌ها به‌صورت اکسید و هیدروکسیدهای آهن و منگنز است.

۲- ۲. تریاس بالایی

واحدهای سنگی تریاس بالایی شامل سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی و دگرگون شده کمپلکس سوریان و کمپلکس کولی‌کش است (شکل ۲) که در محدوده مورد مطالعه تنها سنگ‌های کمپلکس کولی‌کش گسترش دارند که در زیر به واحدهای سنگی سازنده آن اشاره می‌شود:

- سریسیت- کوارتزشیست: این واحد شیستی به دلیل مقاومت کم و ریخت‌شناسی نرم، فرسایش زیاد دارد و گاه بخش‌های ماسه‌سنگی، دولومیتی و آتشفشانی دگرگونی درون آنها به دلیل سختی بیشتر و فرسایش کمتر به‌خوبی نمایان هستند. رنگ ظاهری این واحد خاکستری تا سبز و سبز تیره است. کانی‌های اصلی این واحد کوارتز، پلاژیوکلاز، کلریت و سریسیت هستند که به دلیل کانی‌های میکایی فراوان، ظاهری متورق به خود گرفته‌اند. بخش دیگری از واحدهای شیستی، که رنگ ظاهری آنها خاکستری روشن تا زرد است، بیشتر کمربالا و کمرپایین عدسی‌های آهن را در همبری‌های گسل‌های راندگی در منطقه مورد مطالعه تشکیل می‌دهند.

- متاولکانیک‌های فلسیک: واحدهای فلسیک رخنمون یافته در محدوده مورد مطالعه به‌صورت متاریولیت و متاداسیت- ریوداسیت هستند. در واقع حجم عظیمی از سنگ‌های منطقه معدنی هنشک را واحدهای ریولیتی به خود اختصاص داده‌اند. واحدهای متاداسیتی به‌طور متناوب با واحدهای شیست سبز رنگ در پهنه برشی و کانه‌دار مشاهده می‌شوند. کانی‌های اصلی واحد متاولکانیک فلسیک شامل پلاژیوکلاز کلسیک، فلدسپار پتاسیم، کوارتز، مسکوویت، بیوتیت و کلریت است. فلدسپارها بیشتر دارای ماکل آلبیتی بوده و با توجه به زاویه خاموشی آنها، ترکیبی معادل آلبیت و کمتر الیگوکلاز را نشان می‌دهند.

۳- دگرگونی و دگرشکلی

مجموعه سنگ‌های دگرگونی در منطقه هنشک به عنوان بخشی از پهنه سنندج- سیرجان، مجموعه‌ای از سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی (فلسیک) است که تحت تأثیر چندین مرحله دگرگونی- دگرشکلی قرار گرفته است. مطالعات و برداشت‌های صورت گرفته در منطقه بیانگر حضور مجموعه‌های دگرگونی به‌صورت واحدهای سریسیت- کوارتزشیست، فلسیک‌شیست و متاریولیت بوده و نشان‌دهنده یک رویداد دگرگونی ناحیه‌ای پیشرونده در حد رخساره شیست سبز است که توسط برگوارگی حاصل از جهت‌یابی کانی‌های تیره (کلریت و بیوتیت) در واحدهای سنگی نمود یافته است. از سوی دیگر، رخداد دگرشکلی‌های مختلف با فابریک میلونیتی، برگوارگی، چین‌خوردگی و لایه‌بندی ترکیبی در حد رخساره شیست سبز نمایانگر تأثیر چندین فاز دگرشکلی در هنگام دگرگونی ناحیه‌ای در منطقه است. در منطقه یادشده دگرشکلی در سه مرحله رخ داده است که در میان آنها، دگرشکلی مرحله دوم که با گسترش برگوارگی میلونیتی مشخص می‌شود، شدیدترین دگرشکلی به شمار رفته و بیشترین تأثیر را در منطقه داشته است. واحدهای دگرگونی منطقه هنشک به تریاس بالایی تعلق دارند که رخدادهای دگرگونی و دگریختی مربوط به آنها در اثر فازهای کیمرین پیشین (بازشدگی نوتتیس) و کیمرین پسین (کوهزایی ژوراسیک- کرتاسه) ایجاد و به یک مجموعه چند دگرگون شده- دگریخت شده تبدیل شده‌اند. همان‌گونه که اشاره شد، منطقه معدنی مورد مطالعه در محدوده پهنه برشی هنشک (Sarkarinejad & Azizi, 2008) قرار گرفته است. Sarkarinejad & Azizi (2008) چهار پهنه برشی در منطقه هنشک به نام‌های A_4, A_3, A_2, A_1 معرفی کرده‌اند (شکل ۶) که با پهنه راندگی اصلی امتدادلغز زاگرس، در ارتباط هستند. A_1، A_2 و A_4 در نزدیکی روستای گوشتی در امتداد راندگی تجمع یافته‌اند. پهنه برشی A_4 در همبری شیل و ماسه‌سنگ نازک‌لایه و آهک نازک‌لایه ژوراسیک میانی تا بالایی نمود یافته است. پهنه‌های برشی اصلی A_1 و A_2 در جنوب خاور روستای گوشتی در امتداد NW-SE به خوبی دیده می‌شوند و شامل کوارتز- فلدسپار- مسکوویت‌میلونیت و میلونیت کوارتزیتی هستند که همگی مربوط به واحدهای سنگی تریاس بالایی هستند.

از شواهد دگرشکلی شکل‌پذیر در منطقه هنشک می‌توان به فابریک‌های دگریختی همچون برگوارگی، دگریختی کنگره‌ای، کینگ‌باند، جابه‌جایی ماکلی، طویل‌شدگی، فابریک‌های C/S و ساختار میکاماهی اشاره کرد که به کمک برخی از آنها می‌توان سوی برش را تعیین کرد (شکل ۷). از دگرشکلی‌های شکنا در این منطقه می‌توان به گسل‌ها اشاره کرد. گسلش در منطقه با شدت زیادی رفتار کرده است. به‌گونه‌ای که بیشتر همبری‌ها گسلی هستند (شهیدی و طراز، ۱۳۷۴). درون واحدهای سنگی نیز آثار گسلش و جابه‌جایی به میزان زیاد به چشم می‌خورد. دو سامانه گسلی عمده وجود دارد. یکی گسل‌های با روند شمال باختری- جنوب خاوری (شکل ۸)

www.SID.ir

Archive of SID

هم‌روند با گسل‌های راندگی (شکل ۲) و دیگری گسل‌های شمال خاوری- جنوب باختری که جوان‌تر هستند و فراوانی و گسترش بیشتری دارند (شکل۴). گسل‌ها در مقیاس‌های وسیع (جابه‌جایی واحدهای سنگی مختلف) تا کوچک مقیاس (جابه‌جایی درون یک واحد سنگی) رفتار کرده‌اند. در اثر فعالیت گسل عادی جوان در کانسار گلی، ماده معدنی در امتداد آن تمرکز یافته است (شکل ۹).

۴- کانه‌زایی

۴- ۱. پهنه برشی هنشک

کانه‌زایی آهن منگنزدار در دولومیت‌های تریاس میانی (معادل سازند شتری) در پهنه برشی هنشک در چند کانسار رخ داده است که در زیر به ویژگی‌های هر یک از این کانسارها به اختصار اشاره می‌شود:

- کانسار گوشتی- هنشک (مادکانسار): بزرگ‌ترین ذخیره آهن در منطقه مورد مطالعه مربوط به کانسار گوشتی- هنشک است که استخراج ماده معدنی بیشتر در آن متمرکز شده است. ماده معدنی به‌صورت توده‌ای عدسی‌شکل با ابعاد ۱۰۰ تا ۷۰۰ متر و ستبرای ۱۰ تا ۱۵ متر دیده می‌شود. امتداد توده معدنی شمال باختر- جنوب خاور و شیب آن ۴۰ تا ۵۰ درجه به سوی شمال خاور است (شکل ۱۰). افزون بر عدسی و لایه‌های بزرگی که توسط شرکت معدنی مادکانسار در حال استخراج است، عدسی‌های کوچک‌تری با همان روند در سطح زمین رخنمون دارند. دولومیت‌های کانه‌دار در کمرپایین خود، توسط یک گسل راندگی با امتداد شمال باختر- جنوب خاور و شیب به سوی شمال خاور روی مجموعه‌های دگرگون شده آتشفشانی- رسوبی تریاس بالایی قرار گرفته‌اند. سنگ میزبان اصلی کانه‌زایی در منطقه معدنی گوشتی شامل واحد دولومیتی غنی از سیلیس تریاس میانی است.

- کانسار چشمه اسی: کانسار چشمه اسی در بخش خاور- شمال خاوری محدوده معدنی گوشتی- هنشک (مادکانسار) قرار دارد و در مقایسه با کانسار گوشتی- هنشک گسترش چندانی ندارد (شکل ۲). کانه‌زایی در این بخش نیز به‌صورت عدسی و لایه‌ای‌شکل بوده و دارای طول ۱۰ تا ۵۰ متر و ستبرایی ۲ تا ۴ متر است، توده معدنی در این بخش، با امتداد شمال خاور- جنوب باختری و شیب ۴۰ درجه به سوی شمال باختر رخنمون دارد (شکل ۱۱) که به نظر می‌رسد تغییر امتداد مربوط به چین‌خوردگی محلی در این کانسار باشد.

سنگ میزبان کانه‌زایی همان دولومیت‌هایی هستند که در کانسار هنشک به آنها اشاره شد. کانی‌های آهن به‌صورت هماتیت و مگنتیت دیده می‌شوند. مگنتیت در اثر هوازدگی مارتیتی شده و به هماتیت و گوتیت تغییر یافته است. با توجه به رخداد پهنه برشی در محدوده این کانسار، افق کانه‌دار (افق معدنی) با سنگ درونگیر دولومیتی، ۴ بار در عرض تقریبی ۵۰ متر تکرار شده‌اند (شکل ۱۱). کمربالا و کمرپایین ماده معدنی همواره واحدهای آتشفشانی- رسوبی تریاس بالایی بوده و شامل متاریولیت میلونیتی و سریسیت- کوارتزشیست است. ژئومتری ماده معدنی عدسی‌های هم‌روند با لایه‌بندی و ابعاد آنها از چندین متر تا کمتر از نیم متر است. ساخت استیلولیتی نیز در این کانسار به خوبی دیده می‌شود که در امتداد آن تجمع کانی‌های اکسید آهن، کوارتز و کربنات صورت گرفته است.

- کانسار گلی: کانسار گلی نیز در بخش شمال- شمال خاوری منطقه معدنی هنشک (معدن مادکانسار) قرار دارد (شکل ۲). ژئومتری توده معدنی در این بخش، به‌صورت عدسی‌های هم‌روند با لایه‌بندی است که با امتداد ۵۰ تا ۷۰ درجه شمال باختر و شیب ۲۰ تا ۳۰ درجه شمال خاور، رخنمون دارند. این کانسار از دید اندازه و گسترش کوچک‌تر از کانسار هنشک است، ولی از دید کانی‌شناسی همانند کانسار هنشک است، با این تفاوت که مقدار و درصد منگنز در مقایسه با آهن، افزایش چشمگیری داشته است. سنگ میزبان اصلی کانه‌زایی در کانسار گلی همانند کانسارهای هنشک و چشمه اسی، سنگ‌های دولومیتی هستند که ماده معدنی در آنها به‌صورت اکسید و هیدروکسیدهای آهن و اکسیدهای منگنز است و دارای بافت‌های توده‌ای، پرکننده فضای خالی، لامینه، دانه‌پراکنده و رگه- رگچه‌ای هستند. در اینجا نیز ماده معدنی همراه با مقادیر زیاد سیلیس درون واحد دولومیتی دیده می‌شود.

۴- ۲. پهنه ایران مرکزی

- معدن خان‌خوره: معدن آهن منگنزدار خان‌خوره (بر خلاف کانسارهای آهن منگنزدار گوشتی- هنشک، گلی و چشمه اسی که در پهنه برشی هنشک رخ داده‌اند) در پهنه ایران مرکزی و در دولومیت‌های سازند شتری، هم‌روند با لایه‌بندی و به‌صورت چینه‌سان رخ داده است (شکل ۱۲). جایگاه چینه‌ای این کانسار از دید تعبیر و تفسیر موقعیت معادن مادکانسار، گلی و چشمه اسی که در دولومیت‌های تریاس میانی در زیرپهنه با دگرشکلی پیچیده قرار دارند، بسیار اهمیت دارد. نکته مهم این است که شهیدی و طراز (۱۳۷۴) دولومیت‌های (d) رانده شده روی سنگ‌های دگرگونی تریاس بالایی را معادل همین دولومیت‌های سازند شتری درنظر گرفته است (شکل ۲). بدین ترتیب می‌توان ویژگی‌های معدن منگنز آهن‌دار خان‌خوره را -که در ایران مرکزی قرار گرفته و دچار دگرگونی و رانده‌شدگی نشده است- به خوبی با معادن آهن منگنزدار شمال خاور دهبید مقایسه کرد، آنها را معادل هم دانست و سن تریاس میانی را برای آنها پذیرفت. در زیر برای روشن شدن این مطلب ویژگی‌های کانسار آهن منگنزدار خان‌خوره از جان‌نثاری و رحمانی (۱۳۸۵) به اختصار ارائه شده است.

کانی‌سازی آهن منگنزدار خان‌خوره در یک کیلومتری کانسارهای باریت با امتداد شمال باختری- جنوب خاوری قرار دارد. سنگ‌های رخنمون یافته شامل شیل، دولومیت شیلی و دولومیت متوسط تا ستبرلایه (شکل ۱۳) همراه با اکسیدهای آهن- منگنز است. کانی‌سازی منگنز و آهن در دولومیت‌های خاکستری تشکیل شده است. روند عمومی عدسی‌های معدنی هم‌روند با لایه‌بندی بوده و کانسار از نوع رسوبی (آتشفشانزاد- رسوبی یا رسوبی شیمیایی؟) معرفی شده است، قطعاتی از سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب متوسط تا بازی در منطقه گزارش شده است (جان‌نثاری و رحمانی، ۱۳۸۵).

۵- انواع کانه‌زایی در پهنه هنشک

در یک نگاه کلی کانه‌زایی آهن منگنزدار در پهنه برشی هنشک در شمال خاوری دهبید را با توجه به ویژگی‌های صحرایی، میکروسکوپی و موقعیت زمین‌شناسی و ساختاری که برای کانسارهای گوشتی- هنشک، گلی و چشمه اسی ارایه شد، می‌توان به دو نوع تفکیک کرد:

۵- ۱. کانه‌زایی هم‌روند با لایه‌بندی (چینه‌سان)

این نوع از کانه‌زایی -که کانه‌زایی اصلی و عمده را در منطقه شمال خاور دهبید تشکیل می‌دهد- خاص دولومیت‌های قهوه‌ای رنگ ستبرلایه تریاس میانی (TR_2^d) است. جایگاه اصلی این دولومیت‌ها، پهنه ایران مرکزی بوده و شاهد آن رخداد معدن آهن منگنزدار خان‌خوره است. این دولومیت‌ها در پهنه سنندج- سیرجان بر اثر راندگی روی واحدهای دگرگون و دگرشکل شده تریاس بالایی قرار گرفته و کانسارهای آهن منگنزدار مادکانسار (گوشتی- هنشک)، گلی و چشمه اسی را تشکیل داده‌اند (شکل ۲). از ویژگی‌های این نوع کانه‌زایی لامینه‌بودن ماده معدنی (شکل ۱۴) و تناوب آن با لامینه‌های سیلیس و دولومیت است که در بیشتر موارد لامینه‌های ماده معدنی و دولومیت‌ها با هم چین خورده‌اند (شکل ۱۵). تشکیل هم‌زمان کانه با کانی‌های سنگ‌ساز از جمله کوارتز و دولومیت و همچنین اشکال گرهکی یا بودین‌مانند از ماده معدنی نیز می‌تواند از ویژگی‌های این نوع از کانه‌زایی باشد.

۵- ۲. کانه‌زایی هم‌روند با گسل‌ها (رگه‌ای)

این نوع از کانه‌زایی به‌صورت رگه‌ای در مجاورت گسل‌ها در کانسار گلی و اسی و همچنین در سنگ‌های برشی و خرد شده رسوبی- دگرگونی با سن پرمین

www.SID.ir

Archive of SID

(راستی و رجب‌زاده، ۱۳۸۹) رخ داده است. در این رگه‌ها نیز منبع تأمین کننده آهن و منگنز، همان واحدهای دولومیتی دارای عدسی‌های آهن (d) تریاس میانی هستند که در اثر قرارگیری در پهنه‌برشی خردشده، ماده معدنی از آن شسته شده و در امتداد گسل‌ها در کربنات‌های دگرگون شده پرمین تمرکز یافته است. جالب توجه اینکه، عیار منگنز در این نوع کانسارها، به دلیل مهاجرت سریع منگنز بیشتر از ذخایر نوع لایه‌ای شکل است. در این نوع از کانه‌زایی سنگ‌ها به‌شدت خرد شده و بافت رگه- رگچه‌ای، برشی و کاتاکلاستیکی در کانسنگ‌ها ایجاد شده است (شکل ۱۶).

۶- کانی‌شناسی

کانی‌شناسی ماده معدنی ساده و شامل کانی‌های اکسیدی آهن همراه با اکسید منگنز و به مقدار خیلی کم کانی‌های سولفیدی است که در ادامه به اختصار به آنها پرداخته می‌شود:

۶- ۱. کانی‌های اکسیدی

- هماتیت: عمومی‌ترین کانی آهن در کانسارهای منطقه است که با بافت دانه‌پراکنده، لامینه، توده‌ای، پرکننده فضای خالی، رگه- رگچه ای و جانشینی دیده می‌شود. مارتیتی شدن معمولاً از حاشیه بلورهای مگنتیت و در امتداد شکستگی‌ها و سطوح رخ شروع می‌شود. در پاره‌ای از موارد آثاری از مگنتیت به‌صورت لکه باقی مانده و گاه نیز کانی مگنتیت به‌طور کامل به هماتیت تبدیل شده است (شکل ۱۷).

- مگنتیت: مگنتیت دارای بافت توده‌ای، دانه‌پراکنده، سیمان، ادخال و جانشینی است. مگنتیت در اثر هوازدگی به آسانی به هماتیت، گوتیت و لپیدوکروسیت تغییر یافته است (شکل ۱۷).

- گوتیت و لپیدوکروسیت: این کانی‌های آب‌دار اکسید آهن معمولاً در بخش‌های اکسیدان و سطحی کانسارها دیده می‌شوند. بافت آنها بیشتر به‌صورت جانشینی و کلوفرم است. کانی‌های سولفیدی بر اثر پدیده انحلال و اکسایش سطحی دچار انحلال شده‌اند، یون گوگرد از آنها خارج شده است و هیدروکسیدهای آهن بر جای مانده‌اند. شاهد این امر وجود ساختمان‌های زونه در گوتیت‌های بر جای مانده است (Nesse, 2000) که گاه بقایای پیریت به‌صورت هسته (بافت برجای مانده) در آن به چشم می‌خورد (شکل ۱۸).

- اکسیدهای منگنز: کریپتوملان، پسیلوملان، رامسدلیت (شکل ۱۹) و به مقدار کم کرونادیت، از کانه‌های اکسیدی منگنز هستند که اکسید- هیدروکسیدهای آهن را در کانسارهای هنشک و گلی، همراهی می‌کنند (کاظمی راد و همکاران، ۱۳۸۸). بافت این کانه‌ها، لامینه، توده‌ای، پرکننده فضای خالی، رگه- رگچه‌ای و کلوفرم است.

- کانی‌های سولفیدی: پیریت به همراه مارکاسیت تنها کانی سولفیدی است که در کانسارهای یادشده به مقدار خیلی کم و دیده می‌شود. پیریت و مارکاسیت در اثر هوازدگی عموماً به هیدروکسیدهای آهن تبدیل شده‌اند (شکل ۱۸).

توالی همبود (پاراژنزی) کانه‌ها و کانی‌ها و همچنین مراحل کانه‌زایی (که در بخش الگوی تشکیل و مراحل تکوین کانسارها توضیح آن ارائه شده است) در جدول ۱ آورده شده است.

۷- ژئوشیمی

به منظور مطالعه شیمی کانسنگ درکانسارهای شمال خاور دهبید، ۶ نمونه از بخش‌های مختلف این کانسنگ‌ها انتخاب و برای تجزیه به روش ICP-Ms و -ICP AES به شرکت Als-Chemex کانادا فرستاده شد. نتایج این تجزیه‌ها در جدول ۲ آمده است. با استفاده از نتایج تجزیه شیمیایی کانسنگ‌ها و استفاده از نمودارهای ژئوشیمیایی، سعی شده است تا منشأ احتمالی فلزها و محیط تشکیل کانسارها مورد بررسی قرار گیرد.

۷- ۱. نسبت Mn/Fe و Fe/Mn

آهن و منگنز در موقع نهشت از سیال‌های گرمابی به گونه خاصی از هم جدا می‌شونـد که این جدایش تابع درجه حلالیت آنهاست. در نهشته‌های بروندمی (sedex) نسبت‌هـای متفاوتی از Mn/Fe یعنی 0.1<Mn/Fe<10 ایجاد می‌شوند (Nicholson, 1992). در حالی که برای نهشته‌های هیدروژنوس نسبت Mn/Fe و Fe/Mn برابر یک بوده (Rona, 1978) و در نهشته‌های رسوبی دریایی نسبت Mn/Fe کوچک‌تر از واحد است.

در کانسارهای فرو منگنز هنشک، گلی و چشمه اسی نسبت Fe/Mn به‌طورکلی بین ۰/۰۲ تا ۱۸/۸ است. از سوی دیگر محتوای ناچیز مس، کبالت و نیکل این نهشته‌ها (جدول ۲) همانند نهشته‌های گرمابی پشته Juan de Fuca (Roy, 1992) بیش از پیش، نهشت آنها را از یک سیال گرمابی با فاصله دور از کانون فوران (distal) تأیید می‌کند.

۷- ۲. نسبت Si/Al

از نسبت Si/Al می‌توان به‌عنوان ابزار ساده‌ای برای تشخیص نهشته‌های گرمابی، آبزاد و خاکزاد و شناسایی منبع تأمین کننده مواد این نهشته‌ها استفاده کرد (Crerar et al., 1982; Bonatti, 1975; Nichoison, 1992). کانسارهای گرمابی عموماً در ارتباط نزدیک با ژل‌های سیلیسی آهن‌دار (ferrigenous) شکل می‌گیرند که به‌وسیله فرایندهای فورانی زیردریایی و تخلیه فلز درون رسوبات دریایی تشکیل می‌شوند (Roy, 1992). از همین رو، درصد وزنی Si در برابر Al معرف درصد بالای SiO_2 در طی فعالیت‌های بروندمی است. در حالی که، در کانسارهای با منشأ تخریبی، Al نسبت به Si درصد بالاتری دارد که این امر ناشی از تجزیه و تخریب فلدسپارها در طی حمل و نقل از خشکی به حوضه رسوبی است. Holtstam (2001) بر این باور است که اگر نهشته‌های گرمابی با ذرات تخریبی (کانی‌های رسی) مخلوط شوند، ممکن است نسبت Si/Al کمتر شود. در کانسارهای فرو منگنز مناطق مورد مطالعه میانگین نسب Si/Al حدود ۲۴/۷۳ است، که در محدوده کانسارهای با منشأ گرمابی قرار می‌گیرند (شکل ۲۰).

۷- ۳. نمودار Fe- Mn- 10 (Co + Cu + Ni)

نگارندگان بسیاری تلاش کرده‌اند تا با استفاده از عناصر اصلی و کمیاب، کانسارهای گرمابی آهن- منگنز را از کانسارهای رسوبی دریایی متمایز کنند. Bonatti et al. (1972) نمودار اولیه عناصر Fe – Mn - 10 (Co + Cu + Ni) را برای تمایز کانسارهای رسوبی دریایی و گرمابی آهن- منگنز از هم رسم کردند. در شکل ۲۱ نمونه‌های کانسار آهن منگنزدار شمال خاور دهبید در موقعیت کانسارهای گرمابی قرار می‌گیرند. این نمودار نشان می‌دهد که اکسیدهای گرمابی از عناصر Ni, Cu, Co و Zn، در مقایسه با کانسارهای رسوبی دریایی تهی شده‌اند.

۷- ۴. نمودار دوتایی (Co + Ni) – (As + Cu + Mo + Pb + V + Zn)

این نمودار اولین بار توسط Nicholson (1992) برای جدایش کانسارهای گرمابی، رسوبی- دریایی و کانسارهای حاصل از آب‌های شیرین (fresh water) به‌کار برده شد (شکل ۲۲). وی غنی‌شدگی در مجموعه عناصر As, Ba, Cu, Li, Mo, Pb, Sb, Sr, V, Zn را نشانه کانسارهای گرمابی دانسته و در عوض بر این باور است که این کانسارها از عناصر Ni و Co تهی شده‌اند. نمونه‌های مربوط به کانسارهای مورد مطالعه با توجه به نمودار (شکل ۲۰) از عناصر Pb, Zn, Mo, As, Cu غنی ولی از عناصر Ni و Co تهی شده‌اند و در محدوده کانسارهای گرمابی قرار می‌گیرند.

۷- ۵. عناصر خاکی کمیاب (REES)

عناصر خاکی کمیاب یا REES می‌توانند اطلاعات اساسی و مؤثری در مورد فرایندهای ژنتیکی مؤثر در تشکیل کانسارهای منگنز و فرو منگنز آتشفشانی- زیر دریایی در اختیار قرار دهند (Hein et al., 1997). اکسیدهای فرو منگنز گرمابی در محیط‌های دریایی بیشتر دارای بی‌هنجاری Ce منفی شدیدی هستند. نمونه‌های منطقه مورد مطالعه دارای بی‌هنجاری ضعیف Ce و بی‌هنجاری مثبت Eu (شکل ۲۳)

www.SID.ir

Archive of SID

و ∑REES این نمونه‌ها حدود ۱۰۰ است. عده‌ای از پژوهشگران بر این باورند که کانسارهای فرو منگنز گرمابی معمولاً به‌وسیله بی‌هنجاری‌های منفی Ce و مثبت Eu مشخص می‌شوند (Hein et al., 1997; Mills & Eldefield, 1995).

الگوی عناصر خاکی کمیاب در کانسنگ‌های منطقه مورد مطالعه، همانندی‌هایی با الگوی عناصر خاکی کمیاب میدان منگنز کالاهاری در آفریقای جنوبی (Cornell & Schutte, 1995) نشان می‌دهد (شکل ۲۱). Cornell & Schutte (1995) با مطالعه الگوی عناصر خاکی کمیاب کانسارهای منگنز در این میدان منگنزدار، خاستگاه آتشفشانی- برونده‌می را برای این کانسارها در نظر گرفته‌اند. غنی‌شدگی LREE نسبت به HREE مشخصه کانسارهای گرمابی است (Mills & Eldefield, 1995). در کانسارهای مورد مطالعه میانگین نسبت LREE/HREE برابر با ۳/۵ است که نشان از غنی‌شدگی LREE نسبت به HREE دارد.

۸- الگوی تشکیل و مراحل تکوین کانسارها

هر چند تاکنون مطالعات علمی دقیقی در زمینه تشکیل این کانسارها صورت نگرفته است، ولی به تازگی راستی و رجب‌زاده (۱۳۸۹) کانه‌زایی آهن در کانسار هنشک را از نوع رگه‌ای معرفی کرده‌اند. ولی شواهدی مانند هم‌شکلی و همخوانی عدسی‌های ماده معدنی با سنگ درونگیر دولومیتی، فراوانی ماده معدنی به‌صورت پراکنده در این سنگ‌ها و نیز مرز تدریجی عدسی‌های معدنی با سنگ درونگیر نشان می‌دهند که ماده معدنی همزمان با سنگ درونگیر تشکیل شده است.

در هر حال، با توجه به مطالعات زمین‌شناسی، ساختاری، چینه‌شناسی، سنگ‌شناسی، ژئوشیمی، کانه‌نگاری و XRD، می‌توان چگونگی تشکیل و سیر تحول کانی‌سازی را به‌صورت زیر ارایه کرد:

۸- ۱. مرحله برونده‌می- رسوبی

در این مرحله بر اثر فعالیت‌های گرمابی از منشأ آتشفشانی زیردریایی، سازنده‌های آهن و منگنز به همراه سیلیس و دیگر کاتیون‌ها وارد حوضه رسوبی شده و توسط جریان‌های بالارونده به سوی مناطق کم‌ژرفاتر حرکت کرده‌اند. حضور چشمگیر سیلیس همراه با سنگ میزبان دولومیتی نشان می‌دهد که در حوضه رسوبی همزمان با تشکیل دولومیت، سیلیس نیز از منبع دودخانی (متصاعدی) وارد حوضه و ماده معدنی با حجم قابل توجهی از سیلیس همراهی شده است. بیشتر آهن وارد شده به حوضه، به‌صورت گل‌های هیدروکسیدی بوده که به دلیل رفتار ژئوشیمیایی مشابه آهن و منگنز، مقادیری منگنز نیز همراه آهن به‌صورت هیدروکسید رسوب کره است. آهن در ابتدا به‌صورت کاتیون Fe^{+2} وارد حوضه رسوبی شده و در حضور اکسیژن و محیط اکسیدان، به هیدروکسیدهای سه ظرفیتی آهن $Fe(OH)_3$ (ژل هیدروکسید آهن) تغییر یافته و در مراحل اولیه رسوبی ته نشین شده است.

۸-۲. مرحله دیاژنز

- دیاژنز آغازین: ماده معدنی که به‌صورت ژل هیدروکسید آهن منگنزدار همراه با کربنات کلسیم- منیزیم و سیلیس کلوییدی وارد محیط رسوبی شده‌است، در این مرحله تبلور می‌یابد.

طی این مرحله آب‌های میان‌دانه‌ای از رسوبات بیرون می‌رود و در نتیجه حجم رسوبات کاهش می‌یابد. احتمالاً از اواخر مرحله دیاژنز آغازین بر اثر تراکم زیاد (compaction) رشد سطوح استیلولیتی آغاز می‌شود. هیدروکسیدهای آهن و منگنز اصلی‌ترین کانه‌های اکسیدی تشکیل شده در این مرحله هستند. در ادامه فرایندهای دیاژنزی، بخشی از هیدروکسیدهای آهن و منگنز، آب خود را از دست می‌دهند و به کانی‌های اکسیدی همچون هماتیت تغییر می‌یابند.

- دیاژنز تأخیری: با افزایش وزن رسوبات بالایی و ژرفای دفن، آخرین مرحله خروج آب شبکه‌ای رخ می‌دهد و سبب بروز پدیده‌هایی مانند انحلال و ته‌نشست کانه‌ها و کانی‌ها در حفرات می‌شود. کانه‌زایی هماتیت با بافت پراکنده و رگه- رگچه‌ای (نسل دوم هماتیت به‌صورت رگچه‌های دیاژنزی) در این مرحله رخ داده است. در این مرحله تحرک دوباره در فواصل کم، بافت‌های خاص پرشدگی فضای خالی را ایجاد کرده و همراه با پرشدگی حفرات، پدیده‌هایی مانند شکل دروغین (پسودومورفیسم) را به‌وجود آورده است. رشد استیلولیت‌ها در این مرحله افزایش یافته و تمرکز ماده معدنی و گانگ در امتداد آن صورت می‌گیرد. بودیناژ (بودین‌های سیلیس و آهن) هم ساختی است که دیاژنز پایانی و آغاز تغییرشکل‌های زمین‌ساختی را نشان می‌دهد.

۸- ۳. مرحله دگرشکلی

سومین مرحله از تشکیل و تمرکز کانسار مربوط به فعالیت‌های زمین‌ساختی و فرایندهای تغییر شکل دهنده است. به‌علت اختلاف در میزان شکل‌پذیری (پلاستیسیته) ماده معدنی با سنگ درونگیر، ایجاد بودیناژ در ماده معدنی که از اواخر دیاژنز آغاز شده، در مرحله دگرشکلی به اوج خود رسیده است. این فرایند در مقیاس گسترده موجب تشکیل عدسی‌ها و بودین‌های بزرگ از ماده معدنی آهن منگنزدار شده است که استخراج می‌شوند. همچنین چین‌خوردگی همزمان ماده معدنی و سنگ میزبان دولومیتی در مقیاس‌های میکروسکوپی تا نمونه دستی و رخنمون مربوط به این مرحله از دگرشکلی ذیر است. مرحله بعدی تغییر شکل مربوط به تشکیل پهنه‌های برشی است. در این مرحله پهنه‌های برشی فعال شده، روی ماده معدنی اثر گذاشته، باعث رشد دوباره کانی‌ها از جمله مگنتیت و کوارتز شده و همزمان با آن بافت‌هایی مانند سایه فشاری، خاموشی موجی، ساب‌گرین شدگی، طویل‌شدگی، حاشیه مضرسی و . . . را به‌وجود آورده‌اند.

۸- ۴. فرایند های هوازدگی برونزاد

طی این مرحله، در اثر انحلال کانی‌های سولفیدی، تخلخل گسترده‌ای در کانسار ایجاد می‌شود. بافت‌های جانشینی همراه با اشکال دروغین مکعبی کانی هماتیت گسترش می‌یابند و بافت‌های کلوییدی کانی‌های آهن و منگنز شکل می‌گیرند. در اینجا باید به این نکته مهم توجه داشت که، هوازدگی برونزاد باعث انحلال و شستشوی (leaching) کانی‌های سولفیدی و کربناتی و در نتیجه موجب افزایش عیار کانی‌های اکسیدی (آهن و منگنز) می‌شود. این مسأله بنا به گفته Acharya et al. (1997) به خاطر شسته شدن عناصر Ca, Mg, Si و غنی‌شدن عناصر Fe, Mn, Al, Ti صورت می‌گیرد. در جدول ۱ فرایندهای تشکیل و تمرکز کانسارها به همراه توالی همبود و در شکل ۲۴ مراحل تشکیل و کانه‌زایی به‌صورت نموداری ساده ارائه شده است.

۹- نتیجه‌گیری و پیشنهادهای اکتشافی

با توجه به داده‌های زمین‌شناسی، چینه‌شناسی، ژئومتری (عدسی‌های هم‌روند با لایه‌بندی)، ساخت و بافت (پرکننده فضای خالی، لامینه)، چین‌خوردگی همزمان ماده معدنی با سنگ درونگیر، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و الگوی تشکیل ماده معدنی که در مقاله ارائه شد و همچنین به دلیل وجود قطعاتی از سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب متوسط تا بازی در معدن خان‌خوره و معادل بودن این معدن با کانسارهای شمال خاور دهبید می‌توان کانسارهای یادشده را در رده کانسارهای رسوبی- آتشفشانی قرار داد.

نکته جالب توجه اینکه، در پهنه‌ی سنندج- سیرجان افزون بر ذخایر آهن منگنزدار شمال خاور دهبید، در جنوب اراک معدن آهن منگنزدار شمس‌آباد قرار دارد که مانند ذخایر یادشده در سنگ‌های کربناتی ولی با سن کرتاسه پیشین رخ داده است. فرهادی (۱۳۷۴) تشکیل کانسار شمس‌آباد را نیز در سه مرحله رسوب‌گذاری، دیاژنز و دگرشکلی و از نوع آتشفشانی- رسوبی معرفی کرده است.

نظر به اینکه، کانسارهای شمال خاور دهبید به‌صورت عدسی‌های هم‌روند با لایه‌بندی، درون دولومیت‌های تریاس میانی تشکیل شده‌اند و این دولومیت‌ها هم‌ارز سازند شتری در پهنه ایران مرکزی و سازند الیکا در البرز هستند، بنابراین این نوع

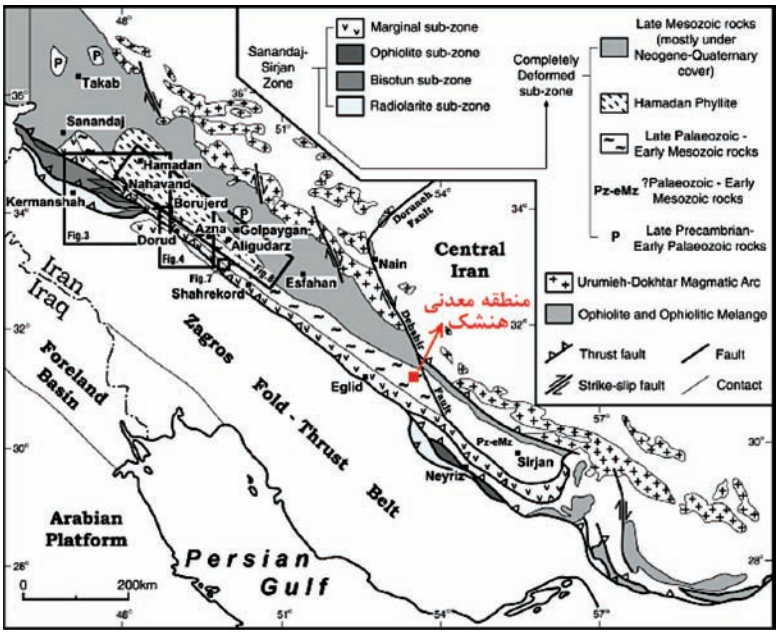
www.SID.ir

Archive of SID

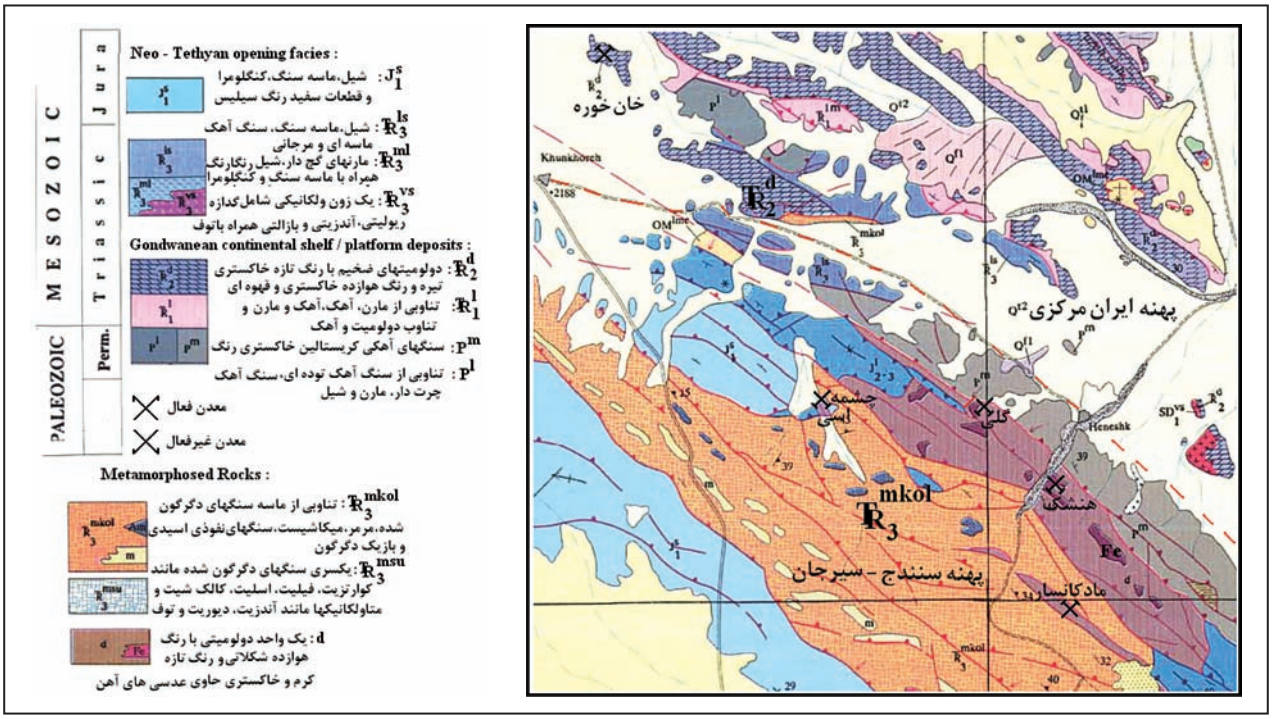
از کانه‌زایی نمی‌تواند تنها محدود به منطقه یادشده باشد. بنابراین، در ایران مرکزی و در مناطقی با زمین‌شناسی مشابه، امکان اکتشاف کانسارهای مشابه معدن آهن منگنزدار خان‌خوره دور از انتظار نخواهد بود. در پهنه سنندج- سیرجان نیز با توجه به موقعیت شاخص این دولومیت‌ها و قرارگیری آنها در مرز گسلی راندگی (مرز گسلی دولومیت‌های سخت و خشن دارای رخنمون برجسته تریاس میانی با رخنمون‌های سنگی دارای فرسایش نرم تریاس بالایی) با استفاده از مطالعات دورسنجی به‌راحتی امکان اکتشاف ذخایر آهن- منگنز مشابه شمال خاور دهبید وجود دارد که با توجه به ارزش اقتصادی آهن، اکتشاف آنها پیشنهاد و بر آن تأکید می‌شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله نگارندگان برخود لازم می‌دانند تا از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس برای یاری‌هایشان در انجام این پژوهش سپاسگزاری کنند.



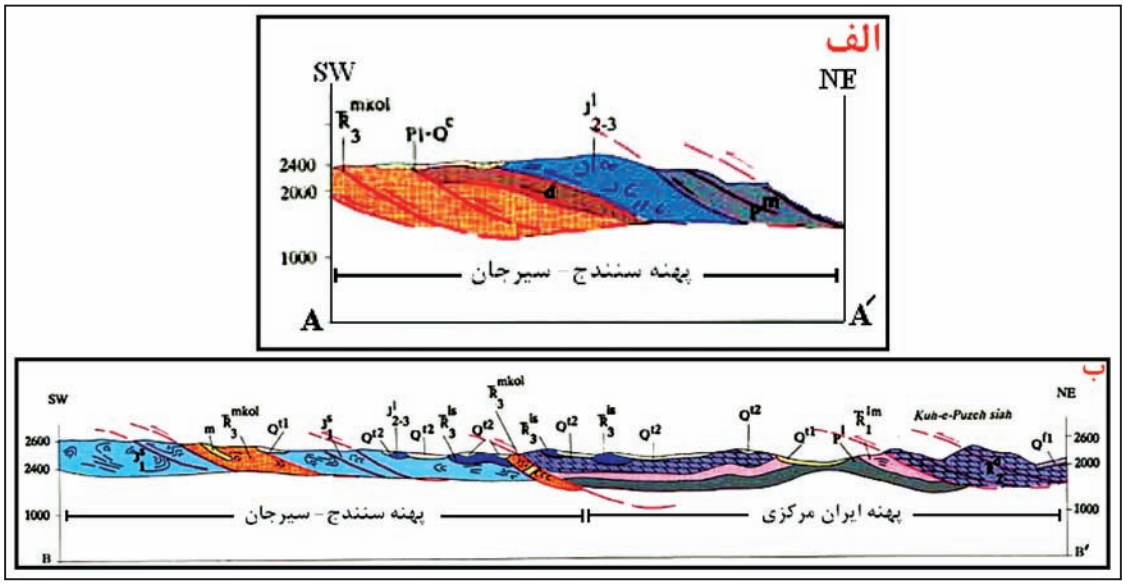
شکل ۱- موقعیت کانه‌زایی آهن منگنزدار هنشک در زیر پهنه با دگرشکلی پیچیده (Completely deformed sub-zone) از زیرپهنه‌های زمین‌ساختی پهنه سنندج- سیرجان (Mohajjel et al., 2003).



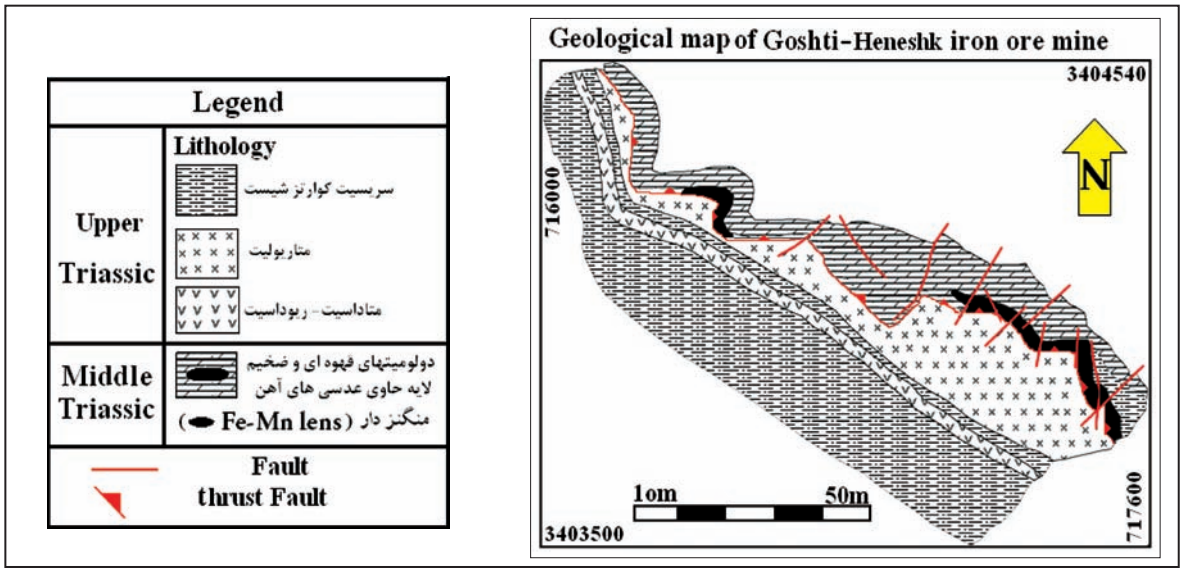
شکل ۲- بخشی از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دهبید که دو پهنه ایران مرکزی و سنندج- سیرجان را در بر دارد. در این نقشه دولومیت‌های تریاس میانی (TR_2^d) از ایران مرکزی روی واحدهای تریاس بالایی (TR_3^{mkol} کمپلکس دگرگونی کولی‌کش) در سنندج- سیرجان رانده شده و دولومیت‌های دارای عدسی‌های آهن (d) را تشکیل داده‌اند (شهیدی، ۱۳۷۴). معدن آهن‌منگنزدار خان‌خوره (بخش شمال باختری نقشه) در دولومیت‌های تریاس میانی (TR_2^d) در پهنه ایران مرکزی و معادن آهن منگنزدار گوشتی- هنشک (مادکانسار)، چشمه اسی و گلی در دولومیت‌های دارای عدسی آهن (d) در پهنه سنندج- سیرجان قرار دارند.

www.SID.ir

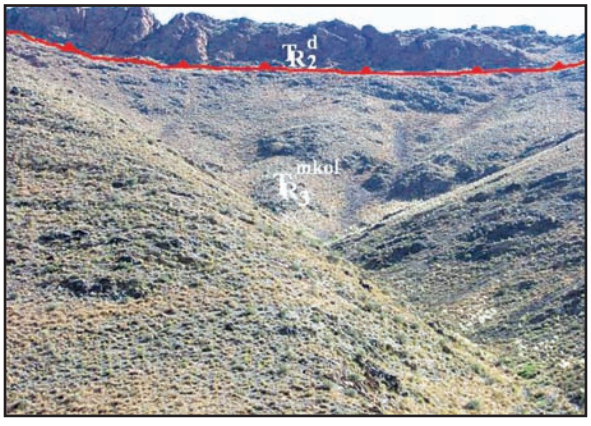
Archive of SID



شکل ۳- مقاطع زمین‌شناسی AA/ و BB/ از نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دهبید (شهیدی، ۱۳۷۴) و ارتباط واحدهای سنگی در پهنه‌های سنندج- سیرجان و ایران مرکزی، در مقطع AA/ دولومیت‌های تریاس میانی، میزبان کانه‌زایی آهن منگنزدار (d) روی واحدهای تریاس بالایی (TR_3) رانده شده‌اند. در مقطع BB/ واحدهای چینه‌ای تریاس زیرین (TR_1)، میانی (TR_2) و بالایی (TR_3) در پهنه ایران مرکزی به‌طور عادی روی یکدیگر قرار دارند.



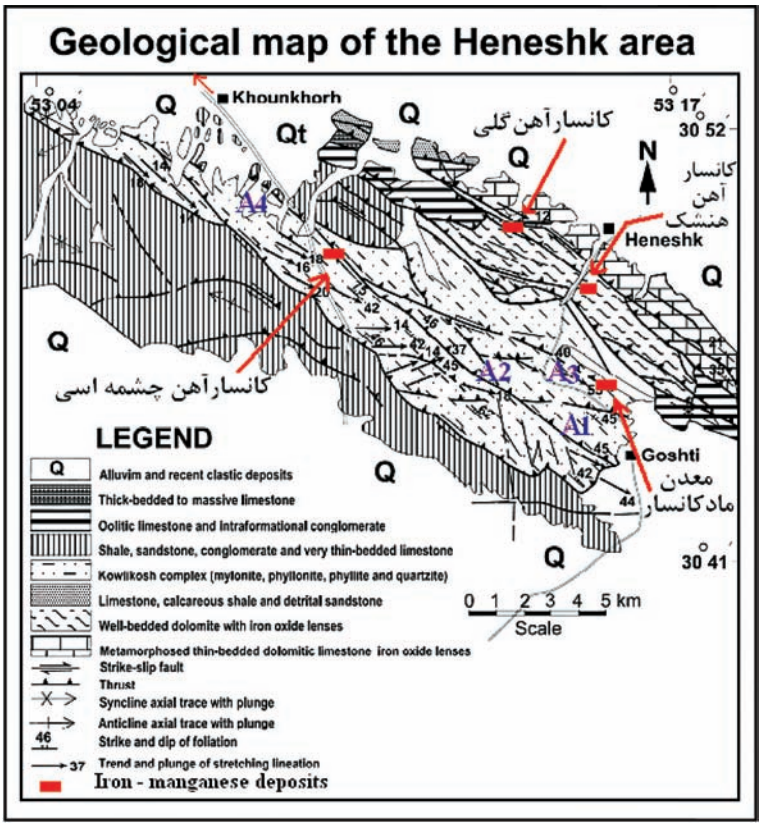
شکل ۴- نقشه ۱:۱۰۰۰ معدن آهن منگنزدار گوشتی و موقعیت ذخیره آهن در دولومیت‌های تریاس میانی و در همبری گسل راندگی با سنگ‌های دگرگونی تریاس بالایی.



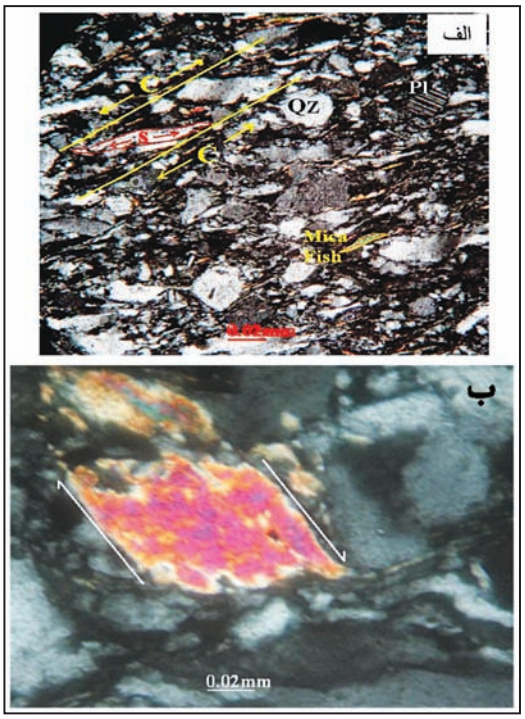
شکل ۵- تصویری از جنوب باختری معدن مادکانسار و رخنمونی از رانده‌شدگی دولومیت‌های تریاس میانی (TR_2^d) روی تریاس بالایی (TR_3^{mkol})، دید به سوی شمال- شمال خاوری.

www.SID.ir

Archive of SID

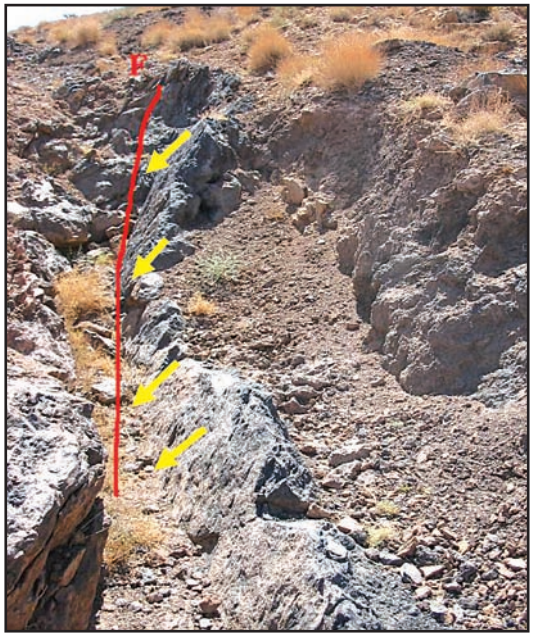


شکل ۶- پهنه برشی هنشک و موقعیت کانسارهای آهن‌منگنزدار گوشتی- هنشک، گلی و چشمه اسی (Sarkarinejad & Azizi, 2008).



شکل ۷- فابریک‌ها و ساختارهای دگرشکلی: الف) فابریک C/S؛ ب) ساختار میکا ماهی در واحدهای متاولکانیک فلسیک تریاس بالایی، پهنه برشی هنشک، در محدوده کانسار گوشتی- هنشک.

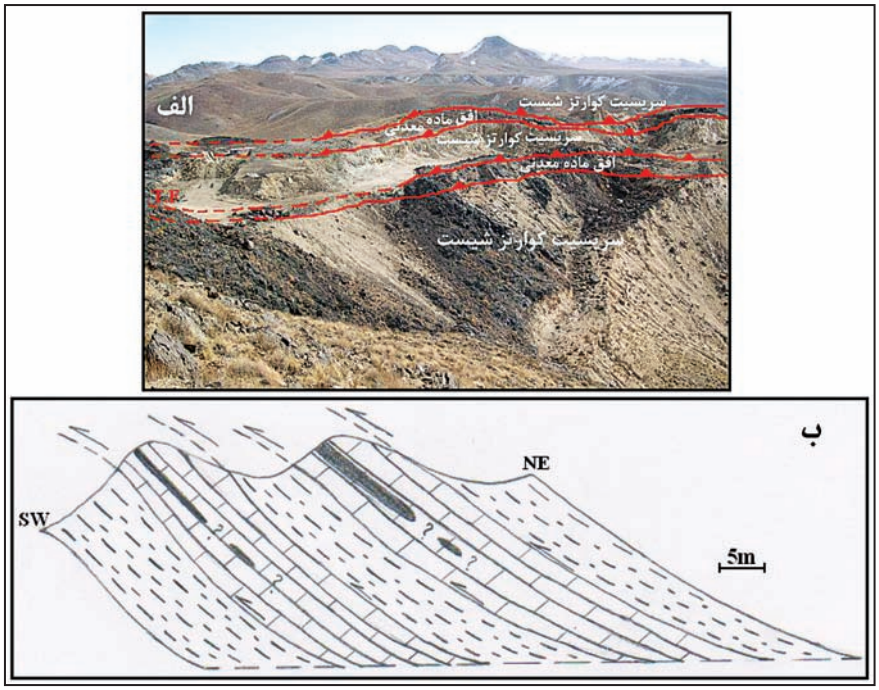
شکل ۸ - گسل عادی باعث جابه‌جایی نوارهای سیلیسی در دولومیت‌ها شده است، کانسار چشمه اسی.



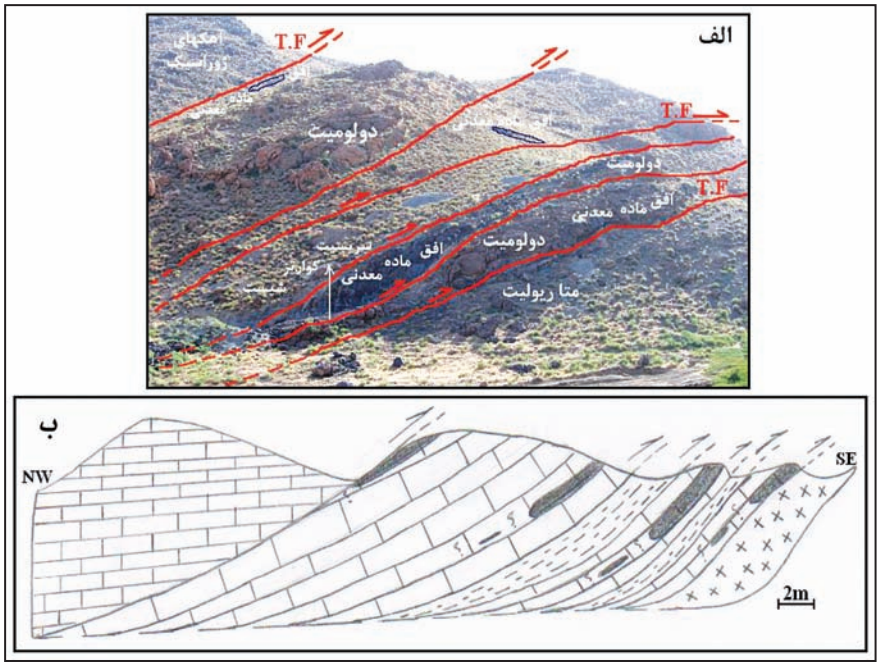
شکل ۹- گسل عادی جوان که باعث تمرکز ماده معدنی، در کانسار گلی شده است، پیکان‌ها جهت حرکت قطعه فرادیواره را نشان می‌دهند.

www.SID.ir

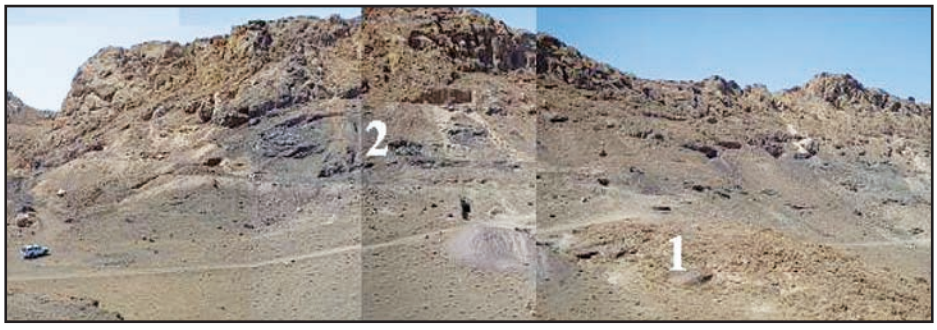
Archive of SID



شکل ۱۰- الف) نمایی عمومی از معدن آهن منگنزدار مادکانسار (گوشتی- هنشک)، خطوط سرخ، محل گسل راندگی است که در زیر آن سریسیت- کوارتزشیست‌های تریاس بالایی و در بالای آن دولومیت‌های دارای عدسی‌های آهن منگنزدار تریاس میانی است. شیب گسل به سوی شمال خاوری است. کمربالا و کمرپایین دولومیت‌های کانه‌دار را سریسیت- کوارتزشیست‌ها تشکیل داده‌اند، دید به سوی شمال خاوری؛ ب) مقطع رسم شده از معدن آهن مادکانسار و موقعیت تکرار عدسی‌های آهن منگنزدار در دولومیت‌ها بر اثر گسل‌های راندگی.



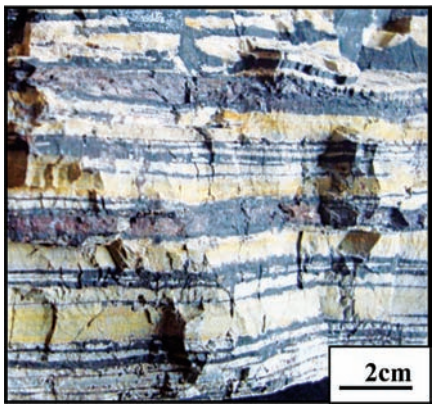
شکل ۱۱- الف) نمایی عمومی از تکرار واحد دولومیتی آهن منگنزدار و سنگ‌های شیستی کمرپایین و کمربالا در کانسار چشمه اسی، دید به سوی شمال؛ ب) مقطع رسم شده از تکرار دولومیت‌های دارای عدسی‌های آهن منگنزدار بر اثر گسل‌های راندگی در کانسار چشمه اسی.



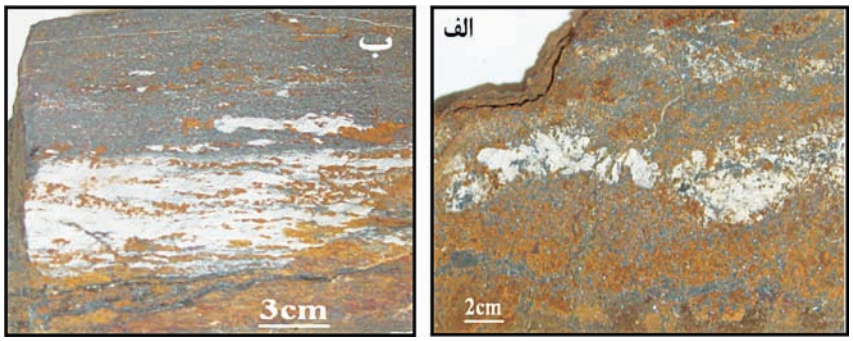
شکل ۱۲- منظره عمومی از رخنمون ماده معدنی در دولومیت‌های تریاس میانی (سازند شتری)، در معدن خان‌خوره در پهنه ایران مرکزی. شماره‌های ۱ و ۲ به ترتیب محل رخنمون عدسی باریت و معدنکاری در امتداد عدسی‌های آهن منگنزدار است.

www.SID.ir

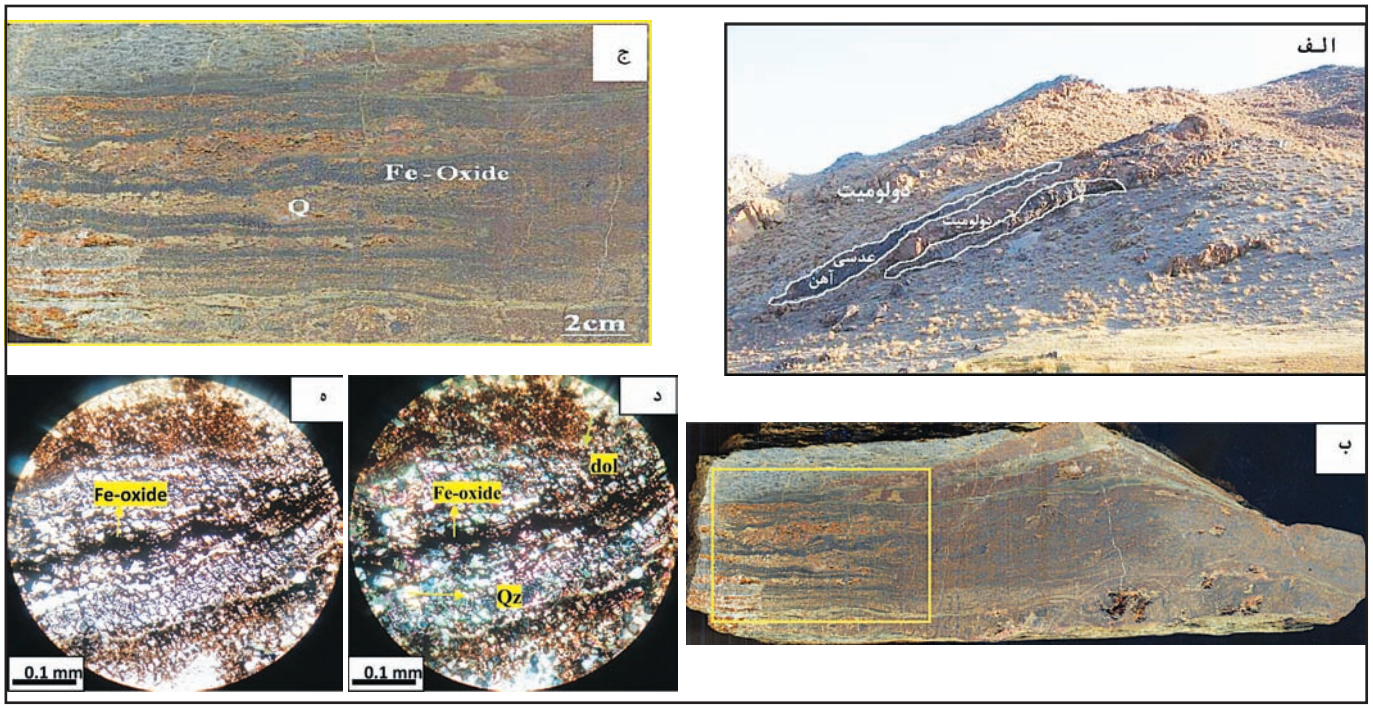
Archive of SID



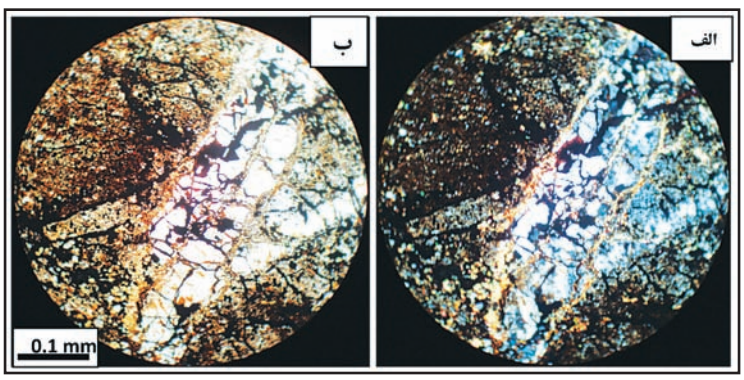
شکل ۱۳- نمونه دستی از بافت نواری در معدن آهن منگنزدار خان خوره که در آن نوارهای تیره هماتیت هستند.



شکل ۱۴- الف و ب) نمونه دستی از دولومیت حامل آهن منگنزدار غنی از سیلیس با بافت لامینه یا نواری که در آن نوارهای تیره (هماتیت و مگنتیت) و نوارهای روشن سیلیس هستند، معدن مادکانسار.



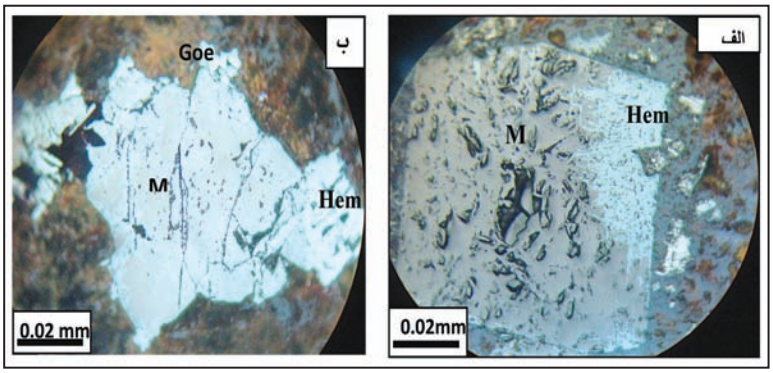
شکل ۱۵- الف) چین خوردگی عدسی‌های آهن منگنزدار همراه با دولومیت در مقیاس رخنمون؛ ب) نمونه دستی از دولومیت دارای آهن منگنزدار غنی از سیلیس، در کانسار چشمه اسی؛ ج) بخش بزرگ شده شکل ب که در آن لامینه‌های اکسید آهن منگنزدار چین خورده‌اند؛ د و ه) چین‌خوردگی Convolute مانند در لامینه‌های ماده معدنی، هماتیت- مگنتیت (نوارهای تیره) همراه با دولومیت‌ها (dol) و کوارتز (نوارهای روشن) در کانسار چشمه اسی: د) نورمتقاطع؛ ه) نور ساده .



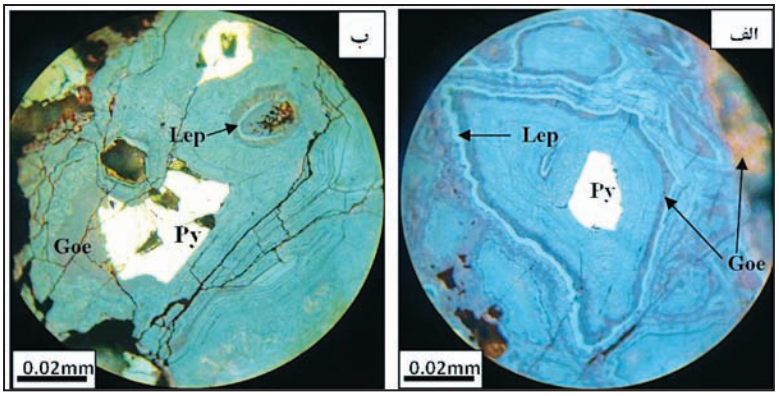
شکل ۱۶- تصویری از رگه‌های متعدد آهن منگنزدار در دولومیت‌های خرد شده با بافت برشی در کانسار گلی: الف) نورمتقاطع؛ ب) نور ساده.

www.SID.ir

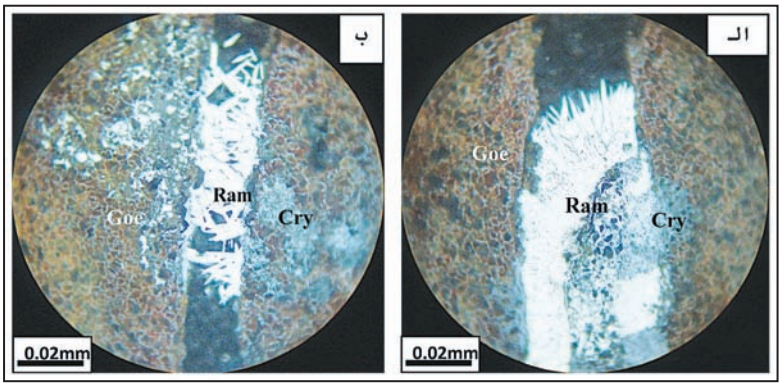
Archive of SID



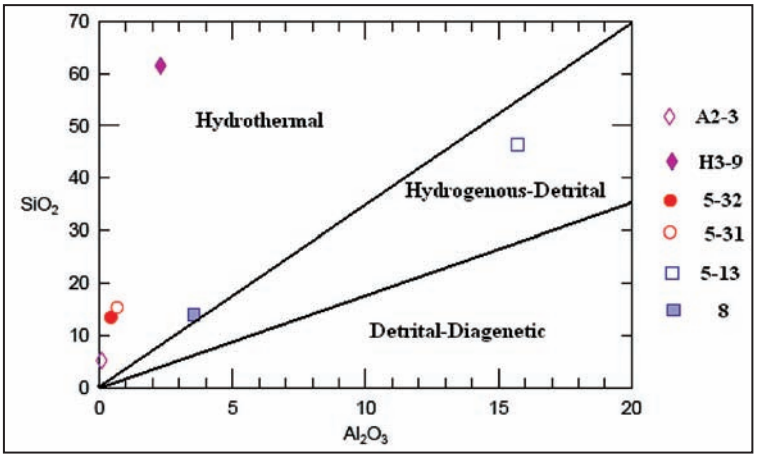
شکل ۱۷- الف) مارتیتی شدن: شروع جانشینی مگنتیت (Mt) توسط هماتیت (Hem) از حاشیه آن؛ ب) همان حالت شکل الف، ولی در بخش راست تصویر هماتیت کاملاً جانشین مگنتیت شده است، در هر دو تصویر گوتیت (Goe) نیز مشاهده می‌شود (تصاویر با عدسی oil).



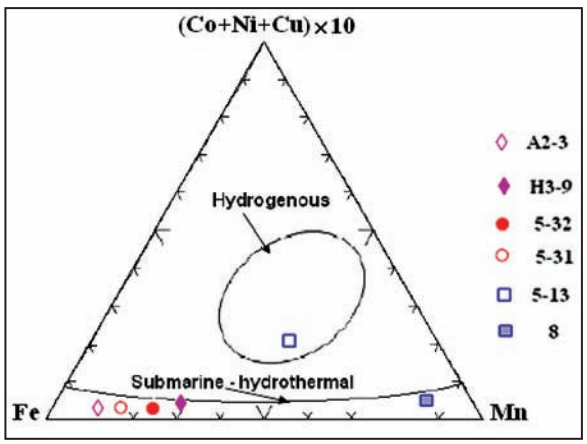
شکل ۱۸- بافت برجای مانده پیریت (Py). الف و ب) لپیدوکروسیت (Lep) و گوتیت (Goe) نیز تشکیل بافت کلوفرم داده‌اند (عدسی oil)، کانسار گلی.



شکل ۱۹- الف و ب) بافت رگه- رگچه‌ای. در درون رگه کانی رامسدلیت (Ram) به‌صورت سرنیزه‌ای رشد کرده است، کریپتوملان (Cry)، پسیلوملان (Ps) و گوتیت (Goe) در تصاویر دیده می شوند، کانسار گلی.



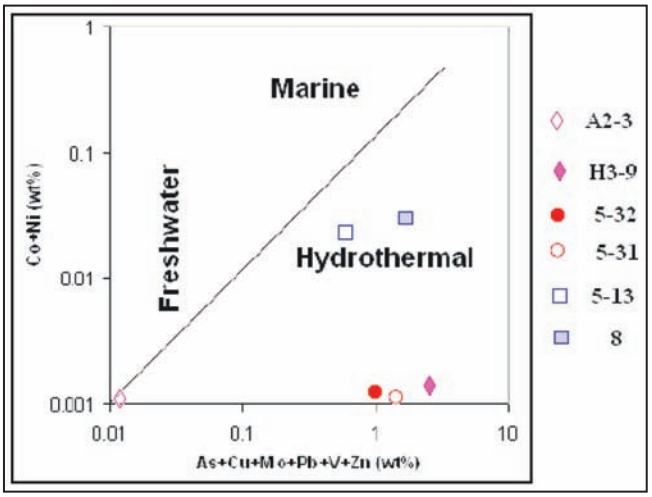
شکل ۲۰- نمودار دوتایی SiO_2 به Al_2O_3 (Choi & Hariya,1992) و موقعیت نمونه‌های مربوط به کانسارهای آهن منگنزدار شمال خاور دهبید و خاستگاه آنها (جایگاه نمونه‌ها و معادن مربوط در جدول ۲ ارائه شده است).



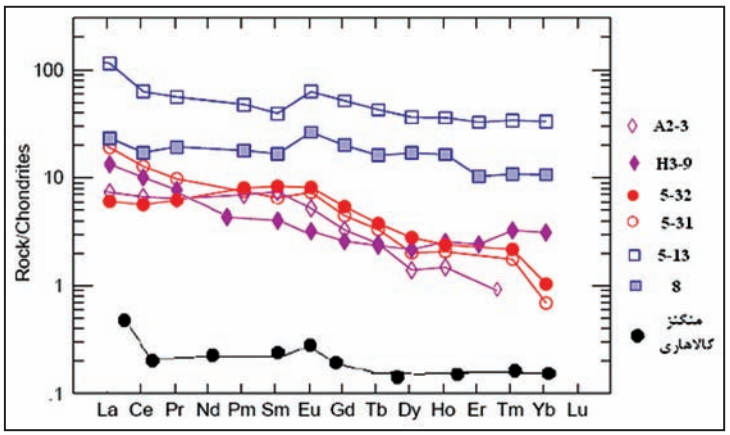
شکل ۲۱- نمودار سه‌تایی Fe- Mn- 10(C0+Ni+Cu) (Toth,1980; Bonatti,1975)، نمونه‌های کانسارهای آهن منگنزدار شمال خاور دهبید در موقعیت کانسارهای گرمابی قرار دارند (جایگاه نمونه‌ها و معادن مربوط در جدول ۲ ارائه شده است).

www.SID.ir

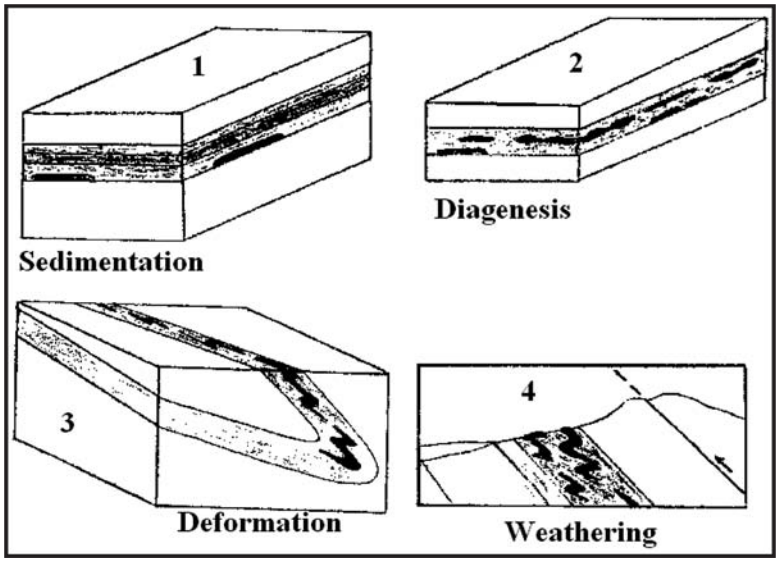
Archive of SID



شکل ۲۲- نمودار دوتایی Nicholson (1992) که همه نمونه‌ها در بخش کانسارهای گرمابی قرار گرفته‌اند (جایگاه نمونه‌ها و معادن مربوط در جدول ۲ ارائه شده است).



شکل ۲۳- الگوی عناصر خاکی کمیاب کانسارهای مورد مطالعه (به‌ویژه نمونه ۵ تا ۱۳) و مقایسه آن با الگوی کانه‌زایی منگنز میدان کالاهاری (Cornell & Schutte, 1995) که خاستگاه آتشفشانی- برونده‌می دارد (جایگاه نمونه‌ها و معادن مربوط در جدول ۲ ارائه شده است).



شکل ۲۴- الگوی نمادین مراحل تشکیل کانسارهای شمال خاور دهبید.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- کانی‌شناسی، توالی همبود و فرایندهای تشکیل و تمرکز کانسارهای آهن منگنزدار شمال خاور دهبید.

جدول ۲- اکسیدهای اصلی، عناصرفرعی و عناصر خاکی کمیاب کانسنگ های آهن- منگنز شمال خاور دهبید. اکسیدها بر حسب درصد و عناصر بر حسب ppm هستند.

Sample	A_{2-3}	H_{3-9}	5-31	5-32	5-13	8
location	Heneshk	Heneshk	Heneshk	Esi	Goli	Goli
Ce	5.1	9.3	13.3	4.2	80.1	16.3
Eu	0.49	0.19	0.43	0.55	2.61	1.1
La	2.3	4.9	8.7	1.8	35.4	7.5
Nd	3.4	4.1	5.2	3.3	29.8	10.3
Pr	0.72	1.09	1.38	0.61	6.8	1.85
Sm	1.21	0.83	1.3	1.4	8.33	3.11
Dy	0.71	0.68	0.96	1.09	12.35	4.66
Er	0.28	0.48	0.39	0.45	6.79	3.1
Gd	1.22	0.75	1.71	1.9	14.7	6.19
Ho	0.09	0.14	0.13	0.18	2.34	1.09
Lu	<0.01	0.09	0.02	0.03	0.96	0.31
Tb	0.14	0.11	0.19	0.23	2.2	0.85
Tm	<0.01	0.07	<0.01	<0.01	0.95	0.03
Yb	0.15	0.63	0.34	0.42	6.6	2.09
∑LREE	279					
∑HREE	79.1					
∑LREE /∑ HREE	3.5					

Sample	A_{2-3}	H_{3-9}	5-31	5-32	5-13	8
location	Heneshk	Heneshk	Heneshk	Esi	Goli	Goli
SiO_2	4.23	55.4	12.95	10.95	39.5	10.85
Al_2O_3	0.07	2.07	0.56	0.35	13.4	2.76
Fe_2O_3	73.7	32.8	68.6	62.3	30.4	1.62
CaO	4.58	0.18	4.27	6.2	1.2	2.73
MgO	0.75	0.3	0.78	3.07	0.33	0.46
Na_2O	0.03	0.01	0.01	<0.01	0.11	0.34
K_2O	0.02	0.68	0.23	0.26	0.74	1.81
MnO	4.51	1.85	3.65	4.34	0.06	56.9
P_2O_5	0.02	0.02	0.13	0.08	2.3	0.41
TiO_2	0.01	0.04	0.01	0.01	0.25	0.13
Co	<0.05	32.8	1.1	1.1	22	344
Mo	< 2	6	3	<2	188	99
Ni	<5	67	<5	<5	273	715
Cu	25	4350	2390	986	563	48
Zn	<5	9	7	<5	240	3270
Pb	<5	<5	<5	<5	49	10
V	<5	6	<5	<5	215	23

www.SID.ir

Archive of SID

کتابنگاری

پیروزی، م.، ۱۳۸۶- زمین‌شناسی، آنالیز رخساره، ژئوشیمی و ژنز کانسارهای فلوریت (سرب- باریم) کمر مهدی در سازند شتری، جنوب باختر طبس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

جان نثاری، م. و رحمانی، ش.، ۱۳۸۵- گزارش کنترل و معرفی محدوده‌های امید بخش معدنی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ اقلید (پهنه فریدن- ارسنجان)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

جعفریان، م. و حاج‌حسینی، ا.، ۱۳۷۴- نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ اقلید، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

جلیلی، و.، ۱۳۸۱- ویژگی‌های بافتی، ساختی و ژئوشیمیایی کانی زایی سرب و روی در کانسارهای سرب و روی کمربند راور- کوهبنان، استان کرمان.

راستی، ص. و رجب‌زاده، م.ع.، ۱۳۸۹- مقایسه نهشته‌های آهن دهبید با ذخایر IOCG جهانی با استفاده از عناصر نادر خاکی و نجیب، بیست و نهمین گردهمایی علوم زمین.

شریعتمدار، ا.، ۱۳۷۷- زمین‌شناسی و ژنز کانسار فلوریت شش رود بار، سوادکوه مازندران بر اساس داده های حاصل از مطالعات صحرایی، آنالیز رخساره‌ای، بررسی ژئوشیمیایی و مطالعات سیالات درگیر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

شهیدی، ع. و طراز، ه.، ۱۳۷۴- نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ دهبید، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

علیرضایی، س، ۱۳۶۶- پژوهش در چینه‌شناسی و چگونگی پیدایش کانسارهای فلئور، سرب، باریم در تریاس شرق البرز مرکزی، دانشگاه تهران.

فرقانی تهرانی، گ.، ۱۳۸۲- بررسی زایشی و زمین‌شیمی کانسار باریت کمشچه استان فارس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز.

فرهادی، ر.،۱۳۷۴- مطالعه زمین‌شناسی، ژئوشیمی، آنالیز رخساره و ژنز کانسار آهن منگنز دار شمس‌آباد، اراک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

کاظمی راد، م.، راستاد، ا.، محجل، م.، ۱۳۸۸- کانی‌شناسی، دگرسانی و ساخت و بافت کانسارهای آهن- منگنز هنشک، گلی و چشمه اسی در شمال خاور صفاشهر، استان فارس، بیست و هفتمین گردهمایی علوم زمین و سیزدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.

گرجی‌زاد، ح.، ۱۳۷۴- مطالعه زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، آنالیز رخساره‌ای و ژنز کانسار فلوریت پاچی‌میانا. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

References

Acharya, B. C., Rao, D. S. & Sahoo, R. K., 1997- Mineralogy, chemistry and genesis of Nishikhal manganese ores of south Orissa, India. Mineralium Deposita, vol. 32, pp 79-93.

Bonatti, E., 1975- Metallogenesis at oceanic spreding centers. Annu Rev Earth Planet Sci. vol3. Pp 401-431.

Bonatti, E., Kraemer, T. & Rdel, H., 1972- Classification and genesis of submarine iron- manganeses deposits. Washington. D.C., National Science Fondation. Pp 149-166.

Choi, J. H. & Hariya, Y., 1992- Geochemistry and depositinal environment of Mn oxide deposits in the Tokoro belt,northeastern Hokkaido, Japan, Economic Geology, vol87, pp 1265-1274.

Cornell, D. H. & Schutte, S. S., 1995- A volcanic-exhalative origin for the words largest (Kalahari) manganese Field. Mineralium Deposita 30, 146-151.

Crerar, D. A., Namson, J., Chul, M. C., Williams, L. & Feigenson, L., 1982- Mangani Ferou Cherts of the Franciscan assemblage: In General geology, ancient and modern analogues, and implication for hydrothermal convection at ocean spreading centers,Economic Geology, vol77, pp 519-540.

Hein, J. R., Koschinsky, A., Halbach, P., Manheim, F. T., Bau, M., Kang, J. K. & Lubick, N., 1997- Iron and manganese oxide Mineralization in the Pacific. Manganese Mineralization: Geochemistry and mineralogy of terrestrial and marine deposits. Geological Society special publication No. 119, pp 123-138.

Holtstam, D., 2001- W and V mineralization in Longban- type Fe- Mn deposits: Epigenetic or syngenetic?. GFF.vol 123, pp 29-33.

Mills, R. A. & Eldefield, H., 1995- Rare earth element geochemistry of hydrothermal deposits from the active TAG mound, 26 N Mid Atlantic Ridge. Geochemical et Cosmochimica Acta 59, 3511-3524.

Mohajjel, M., Fergussen, C. L. & Sahandi, M. R., 2003- Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision,Sanandaj-Sirjan zone, western Iran, Journal of Asian Earth Science 21, 397-412.

Nesse, W. D., 2000- Introduction to mineralogy, Oxford University Prees, 442 p.

Nicholson, K., 1992- Contrasting mineralogical-geochemical signatures of manganese oxides: Guides to metallogenesis. Economic Geology. vol 87, pp 1253-1264.

Rona, P. A., 1978- Criteria for recognition of hydrothermal mineral deposits in oceanic crust. Economic Geology.vol, 73, pp 135-160.

Roy, S., 1992- Environments and processes of manganese deposition. Economic Geology. Vol, 87, pp 1218-1236.

Sarkarinejad, K. & Azizi, A., 2008- Slip partitioning and inclined transpression along the Zagros Trust System,Iran,Journal of Structural Geology 30,116-136.

Toth, J. R., 1980- Deposition of submarine crusts rich in manganese and iron. Geol, Soc. Am, Bull. vol, 91, pp 44-54.

www.SID.ir