

تحلیل داده‌های زمین‌شناسی و زمین‌شیمیایی رخنمون باباعلی

نوشته: مهرداد براتی* و دکتر ایرج رسا**

Geological and Geochemical Analysis of Baba-Ali Index

By: M. Barati * & Dr. I. Rasa **

چکیده

کوه آلموقلاق در شمال باختری شهر همدان، از انواع سنگهای حد واسط مانند دیوریت تا سینیت و سینیت‌های کوارتزدار در قله به همراه انواع سنگهای کمی دگرگون شده در دامنه‌ها تشکیل شده است. در دامنه شمالی انواع ریولیت تا ایگنیمبریت با سن قبل از ژوراسیک دیده می‌شود که میزبان کانسار کوچک و عدسی شکل بابا علی است. این کانسار از اکسیدهای آهن مانند مگنتیت و هماتیت و به مقدار بسیار کمتر از سولفیدهای آهن مانند پیریت و کلکوپیریت تشکیل گردیده است. مطالعات بافتی توسط میکروسکوپ بازتابی انواع بافت‌های اولیه تا جانشینی را در این کانسار نشان داده است. در مطالعات انجام شده توسط میکروسکوپ الکترونی از نوع روبشی، بلورهای مگنتیت به صورت صفحات بسیار ریز و موازی بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند و در بلورهای پیریت، آثار فعالیت باکتریایی دیده می‌شود.

نمودار عنکبوتی رسم شده برای عناصر خاکی کمیاب نشان می‌دهد که روند توزیع این عناصر جهت آمفیبول‌های همراه کانسار و سنگ در برگیرنده کاملاً تفاوت می‌کند. روند این عناصر در کانسار، یک در میان کم و زیاد شده است و تفاوت میان La و Lu چندان زیاد نیست در حالی که روند ترسیمی این عناصر در سنگ میزبان، از La تا Lu سیر نزولی داشته و یک بی‌هنجاری منفی در عنصر Eu دیده می‌شود. دیگر پارامترهای محاسبه شده برای عناصر خاکی کمیاب در سنگ میزبان، و کانسار نیز نشان دهنده جدایش زایشی این دو دسته از سنگهاست.

کلید واژه‌ها: آهن، بافت پرکننده فضای خالی، جانشینی، NAA، REET، SEM، زایش، مایعات ماگمایی

Abstract

Alamgholagh Mountain is located in NW of Hamedan city. It comprises diorite to syenite and quartziferous syenite rocks near its climax. The Pre-Jurassic ignimbrite and rhyolite host Baba-Ali ore body. This ore body contains magnetite, hematite and trace amounts of pyrite and chalcopyrite. Textural studies with reflecting microscope show some primary and replacement textures. SEM studies reveal parallel thin plates in magnetite crystals and bacterial activity on pyrite crystals. Spider REE diagrams show noticeable different patterns for ore body amphiboles and country rocks. In the ore body, the concentration of elements fluctuates alternately, however, in the country rocks decrease from La to Lu and show a negative anomaly in Eu values. Some of the calculated REE ratios for the ore body and country rock are different and suggest a different genesis.

KeyWords: Iron, Open Space filling texture, Replacement, Genesis, Neutron Activation Analysis, Rare Earth Elements, Sanning Electron Microscope, Magma liquids.

مقدمه

آهن شمس‌آباد اراک، باباعلی همدان، شهرک بیجار، ظفرآباد کرمانشاه و کلالی اسدآباد است. بعضی از آنها در حال حاضر استخراج نمی‌شوند و

در باختر ایران در محدوده استانهای لرستان، مرکزی، همدان، کردستان و کرمانشاه بیش از ۱۰ کانسار آهن وجود دارد که مهم‌ترین آنها معدن

تعدادی نیز در حال بهره برداری هستند. این کانسارها شباهتهای بسیاری با هم دارند از جمله:

- ۱) همه این کانسارها تناژ پایین دارند
- ۲) دارای حجم محدود هستند
- ۳) عدسی تا آمیبی شکل هستند
- ۴) عمدتاً از مگنتیت و هماتیت تشکیل شده‌اند
- ۵) دارای پیریت ریز تا متوسط بلور به صورت پراکنده می‌باشند
- ۶) همه در سطح هوازده شده و تشکل لیمونیت داده‌اند
- ۷) همبری آنها با سنگ دیواره عمدتاً شارپ می‌باشد
- ۸) در مقاطع نازک و صیقلی دارای بافتهای مشابهی هستند
- ۹) مقدار تیتانیم و وانادیم در آنها پایین است
- ۱۰) کانیهای منگنز (پیرولوزیت دندریتی) به فاصله چند متری از کانسار دیده می‌شود

به تازگی مطالعات زیادی بر روی این کانسارها انجام شده یا در حال انجام است. تعدادی رساله کارشناسی ارشد هم در این مجموعه در شاخه‌های مختلف زمین‌شناسی انجام گرفته است همچنین اداره‌های معدن و فلزات استانها نیز مطالعات پراکنده‌ای را در رابطه با این کانسارها انجام داده‌اند.

جایگاه زمین‌شناسی

کانسار آهن بابا علی در ۳۴ کیلومتری شمال باختری شهرستان همدان و ۲۰ کیلومتری شمال خاوری اسدآباد در دامنه شمالی کوه آلموقلاق به ارتفاع ۲۹۹۷ متر واقع شده است. قله آلموقلاق از سنگهای بسیار سخت دیوریت، کوارتز دیوریت، سینیت، کوارتز سینیت و حتی کوارتز مونوزونیت تا مونوزونیت تشکیل گردیده است که در دامنه‌های شمالی به طور محلی انواع میلوئیتها دیده می‌شود. در ارتفاعات پایین‌تر، انواع سنگهای دگرگونی به همراه میلوئیت وجود دارد. شدت دگرگونی در نقاط مختلف متفاوت است. از دیدگاه زمین‌شناسی، این کانسار در زون دگرگونی سنندج-سیرجان باروند شمال باختر- جنوب خاور قرار گرفته است. کانسار آهن بابا علی، همراه سنگهای دگرگونی و مجاور میلوئیتها منطقه است (شکل ۱). گسلهای منطقه روند شمال باختر- جنوب خاور داشته و نزدیک‌ترین آنها در فاصله ۵ کیلومتری شمال منطقه است. دیگری در جنوب منطقه واقع شده و فاصله‌ای نزدیک به ۱۰ کیلومتر از محل دارد.

کانسار آهن بابا علی در دامنه شمالی کوه آلموقلاق و در سنگهای سینیتی کوارتزار کمی دگرگونی قرار گرفته است. به منظور بررسی کانی‌شناسی، بافتی و نیز مطالعه ریز ساختارها، از ۱۳۵ نمونه دستی کوارتزسینیت‌های کمی دگرگونی در نزدیکی کانسار تا سنگ دیواره تازه که مورد هجوم محلولهای کانه‌ساز واقع نشده است، تهیه گردید که از آنها ۵۰ مقطع

نازک تهیه شد و توسط میکروسکوپ پلاریزان با بزرگنماییهای متفاوت مورد مطالعه قرار گرفتند. در همه نمونه‌ها کانی اپیدوت به صورت ثانویه و با شکل بی‌وجه تا دروغین حضور دارد و در تعدادی از نمونه‌ها نیز به صورت رگه‌ای دیده می‌شود (شکل ۲) در بسیاری از نقاط نیز بلورهای پلاژیوکلاز به اپیدوت دگرسان شده‌اند (شکل ۲). این عمل نشانه تریق یون Fe^{+2} به درون سنگهای مجاور هم در فرا دیواره و هم در فرو دیواره می‌باشد.

هورنبلند و آمفیبولهای سبز کمرنگ در مقاطع میکروسکوپی دیده می‌شوند. این بلورها بی‌وجه تا بد وجه بوده و درشت‌تر از دیگر بلورها هستند که نشان دهنده زمان بیشتر تبلور این کانیها نسبت به کانیهای دیگر است. این بلورها دگرسانی کمتری نسبت به بلورهای پلاژیوکلاز نشان می‌دهند.

با نزدیک شدن به کانسار، بلورها ریزتر شده و بیشتر حالت میلوئیتی می‌یابند. بلورهای هورنبلند و پلاژیوکلاز براساس شکل ۳ به شدت اپیدوتی شده و شکلهای دروغین اپیدوتی شکل می‌گیرد. نکته قابل توجه، میلوئیتی شدن قسمتی از سنگها ویژه در سنگهای فرا دیواره است که در نمونه دستی بسیار متمایز از سنگهای مجاور خود هستند و در این نمونه‌ها، گاه حالت خردشدگی می‌یابند. این امر به علت هجوم محلولهای گرمابی ناشی از کانی سازی در کانسار است. در مقاطع میکروسکوپی هم این میلوئیتها کاملاً مشخص هستند. چینه‌ای از نوع شکنجی در آنها مطابق شکل شماره ۴ به خوبی دیده می‌شود. این نوع از میلوئیتها در محل گسلها تشکیل می‌گردند. اصولاً انواع میلوئیتها را می‌توان در محدوده کانسار یا در فاصله کمی از آن مشاهده کرد.

بررسیهای کانه‌نگاری

قسمت وسیعی از بررسیها در معدن آهن بابا علی، شامل بررسیهای کانه‌نگاری است. به این منظور، ۳۰ مقطع صیقلی از انواع نمونه‌های هر دو اندیس کانسار تهیه گردید و سپس نمونه‌ها با میکروسکوپ بازتابشی به طور جداگانه بررسی شدند.

کانیهای مشاهده شده به ترتیب فراوانی عبارت هستند از مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، مالاکیت، پیریت، کلکوپیریت و مقادیر بسیار کمی ایلمنوهماتیت. بافتهای مشاهده شده در این مقاطع بسیار متنوع و متفاوت است. در یک تقسیم بندی کلی می‌توان این بافتها را با دو گروه بافتهای اولیه و ثانویه تقسیم کرد. بافتهای اولیه به گونه‌ای در شکل ۵- الف دیده می‌شود، شامل بافتهای پرکننده فضای خالی و کلوفرم است. لیمونیت زرد رنگ به صورت کلوفرم (خوشه انگوری) از یک محلول سیر شده از آهن در درون یک حفره کوچک رسوب کرده است. در بعضی از نقاط، لایه‌های این بافت به صورت هم مرکز رسوب کرده و حفره سپس با کوارتز سفید رنگ پر

است (لیاقت و همکاران، ۱۳۷۸). این حالت نشان دهنده افزایش حالت اکسیدی محیط است. در شکل ۶-ب نیز نوع دیگری بافت جانیشینی به نام بافت برجا مانده، دیده می‌شود در این شکل، بلور مگنتیت اولیه به مقدار بیش از ۷۰ درصد توسط هماتیت جانیشین شده است. مدت زمان جانیشینی در این تصویر بیش از تصویر قبلی است. همان طور که در این شکل دیده می‌شود، شکل اصلی بلور مگنتیت حفظ شده است. بافت کناره‌ای در شکل ۶-ج بلور شکننده پیریت به رنگ زرد دیده می‌شود که توسط بلور هماتیت در امتداد شکستگیها جانیشین شده است. عدم تطبیق دوطرف دیواره‌ها روی هم، نشانه جانیشینی است. گرد شدگی مرزهای بلور پیریت هم در این شکل نشانه تریق بلورهای هماتیت به همراه جانیشینی می‌باشد. البته میزان جانیشینی در این تصویر کم است. شکل ۶-د همان شکل با درشت‌نمایی کمتر در نیکلهای عمود بر هم است و جانیشینی پیریت توسط هماتیت در این تصویر بهتر دیده می‌شود.

مطالعه میکروسکوپ الکترونی نوع روشی (SEM)

به منظور مطالعه دقیق‌تر بلورهای سازنده کانسار و بررسی ریز ساختارهای آنها از میکروسکوپ الکترونی نوع روشی (Scanning Electron Microscope) مدل Geol-840A استفاده شد. به منظور آماده سازی نمونه‌ها برای این نوع مطالعه، نمونه‌ها خرد گردیده و از نمونه‌های خرد شده قطعاتی در اندازه ۱ سانتی‌متر مکعب انتخاب گردید. در مطالعات میکروسکوپ الکترونی، نمونه‌ها به منظور رسانا کردن سطح نمونه و ایجاد تمایز بهتر، با کربن یا طلا پوشش داده می‌شوند ولی این عمل خود سبب می‌گردد که تجزیه شیمیایی با مشکل روبه‌رو شود. از آنجا که نمونه‌های مورد بررسی، خود هادی مناسبی برای جریان الکتریسته هستند و همگی اکسیدی یا سولفیدی هستند، لذا نمونه‌ها بدون پوشش طلا یا کربن به کار برده شدند.

۶ نمونه از نقاط مختلف کانسار در این بررسیها مورد استفاده قرار گرفت. درشت‌نمایی بسته به هدف مورد مطالعه بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ برابر می‌باشد. مطابق شکل ۷-الف، بلورهای مگنتیت نایکناخت بوده و اندازه‌های مختلفی دارند. شکلهای بلوری در آنها حفظ نشده است. این بلورها تمایزی بالا و سطحی صاف با مرزهای بلوری مشخص دارند در سطح دارای لکه‌های سفید رنگ هستند که کانی پیریت ریز بلور به صورت میانبار می‌باشد. به نظر می‌رسد بلورهای مگنتیت در این تصویر به صورت لایه‌هایی بدون جهت یابی روی یکدیگر قرار گرفته باشند. بزرگنمایی در این تصویر ۵۵۰ برابر است.

در شکل ۷-ب، درشت‌نمایی تا ۷۵۰ برابر افزایش یافته است. همان طور که در این شکل دیده می‌شود، بلورهای مگنتیت کلا به صورت لایه‌ای رشد

شده است. زمینه سیاه تا سرخ تیره متن را کانی هماتیت تشکیل داده است. منشأ این بافت هوازدگی کانسار اولیه بوده و لیومیت رسوب کرده، از هوازدگی مگنتیت و هماتیت حاصل شده بوده است.

بافت دانه‌ای بی‌نظم متوسط تا درشت بلور با پیوند گاه سه گانه ناشی از تجمع بلورهای مگنتیت در شکل ۵-ب دیده می‌شوند (لیاقت و همکاران، ۱۳۷۸). مرز بلورها در این تصویر کاملا مشخص بوده و نشان می‌دهد که هیچ نوع هوازدگی بر آنها اعمال نشده است و محلولهای ثانویه گرمایی هم از محل آنها عبور نکرده است. بافت پیوند گاه سه گانه با زوایای ۱۲۰ درجه در اثر فرایندهای دگرگونی هم تشکیل می‌گردد. همراهی دیگر بافتها، از راههای تشخیص این دو نوع بافت از یکدیگر است.

بافت برشی در شکل ۵-ج دیده می‌شود. در این شکل بلورهای مگنتیت به طور مشخص خرد شده و سپس توسط لایه‌های مگنتیتی یا هماتیتی در برگرفته شده‌اند. این بافت حاصل دگر شکلی ناشی از فرایندهای زمین ساختی است (تقی پورو همکاران، ۱۳۸۱). در قسمت چپ عکس، بافت جانیشینی با هسته‌ای زون بندی شده، در بلورهای مگنتیت با پوشش هماتیتی دیده می‌شود.

در شکل ۵-د دو نسل از بلورهای پیریت دیده می‌شوند. بلور درشت و بی‌وجه پیریت در قسمت چپ عکس به نظر می‌رسد در مدت طولانی از یک محلول متبلور شده است. در قسمت مرکزی عکس بلور تیره (هماتیت) به صورت شکل دروغین جانیشین پیریت (زرد روشن) شده و نوعی بافت جانیشینی را تشکیل داده است. به نظر می‌رسد که مرز بلوری در این شکل حفظ گردیده است، ولی وجود بلورهای خوش وجه پیریت و حضور کلکوپیریت (زرد تیره) جای سؤال دارد. با افزایش درشت‌نمایی میکروسکوپ، مرز بلور نه تنها یک حلقه جانیشین شده به نظر نمی‌رسد، بلکه مطابق شکل ۵-ه، زنجیرهای از بلورهای ریز پیریت به دنبال هم، دیده می‌شود. شکل آنها خوش وجه بوده و از گوشه چپ بالای عکس به سمت پایین و سمت راست کشیده می‌شوند. وجود دو نوع پیریت در این دو عکس نشان دهنده دو فاز جداگانه تولید پیریت در محلول سازنده این کانسار می‌باشد و به نظر می‌رسد که محلول سازنده دارای چندین فاز کاهنده بوده که با فاز طولانی و تولید کننده پیریت‌های درشت دانه بی‌وجه شروع شده و فاز بعدی کوتاه مدت بوده و بلورهای ریز و خوش وجه پیریت در طی آن شکل گرفته اند (Ixer, 1990). ته‌نشینی کلکوپیریت همراه این فاز صورت گرفته است. مجاورت بلورهای پیریت نوع دوم و کلکوپیریت و اندازه برابر بلورها مؤید این نظریه است.

انواع بافت‌های جانیشینی نیز در کانسار دیده می‌شوند که حاکی از نوعی جانیشینی در کانسار است. در شکل ۶-الف، بافت خوردگی دیده می‌شود در این عکس، بلور مگنتیت توسط هماتیت به صورت موضعی خورده شده

جدول ۱ ذکر شده است. برپایه این جدول، نمونه‌ها را می‌توان در دو گروه مختلف با توجه به مکان نمونه برداری تقسیم کرد (یعقوب پور، ۱۳۸۰). ردیف‌های ۱ و ۲ شامل گروه اول بوده و این نمونه‌ها از سیلیکات‌های همراه کانسار برداشته شده است. مشخصاً میزان LREE و HREE و مجموع REE کوچک داشته، در حین این که تعداد LREE نزدیک ۱۰ برابر HREE است و این کانیها به طور مشخص نسبت به LREE غنی شدگی نشان می‌دهند. تعداد مجموع HREE در آنها بین ۲۱ تا ۲۵ و نسبت LREE/HREE بیش از ۸ و نسبت La/Lu در این دو نمونه بین ۴ تا ۶ است. نسبت Eu/Sm دارای دو عدد کاملاً مشخص می‌باشد. در نمونه P22 این مقدار 5/83 و در نمونه دیگر 0/84 است، در نمونه اخیر دست کم بیش از دو برابر همین مقدار در گروه دوم می‌باشد.

ردیف ۳ تا ۱۴ شامل گروه دوم است. این گروه ۱۲ عضو داشته و میزان LREE آنها بین ۴۶ تا ۲۲۲ است به گونه‌ای که مشخصاً از میزان همین پارامتر در گروه اول بیشتر می‌باشد. میزان HREE آنها نیز بین ۱۰ تا ۳۳ و این پارامتر نیز به طور مشخص از گروه اول بیشتر است. با مقایسه مقدار مجموع (T.REE) REE مشخص می‌شود که میزان مجموع REE بین ۵۴ تا ۲۵۵ است که بین ۲ تا ۱۰ برابر مقدار آنها در گروه اول می‌باشد. نسبت LREE/HREE نیز در این گروه بین ۳ تا ۲۰ است بجز دو مورد که مقدار آن بیش از ۸ است و این دو نمونه از یک محل برداشت شده‌اند. میانگین آنها از گروه اول کمتر و نسبت La/Lu در آنها بین ۸ تا ۸۸ است که دامنه وسیعی را در بر گرفته و استنتاج را دشوار می‌سازد. نسبت Eu / Sm بجز یک نمونه با مقدار بیش از ۸، در سایر نمونه‌ها بین 0/18 تا حداکثر 0/48 است که از کمیته گروه اول نیز کمتر می‌باشد. در یک نتیجه‌گیری عمومی، میزان ۶ پارامتر فوق در گروه اول و دوم کاملاً متفاوت است، به‌رغم این که هر دو از سیلیکات‌ها می‌باشند ولی به طور مشخص میزان پارامترهای فوق در آنها تفاوت می‌کند و این امر، زایش متفاوت آنها را نشان می‌دهد (براتی، ۱۳۸۱). به منظور بررسی روند تغییرات گروه لانتانیدها نسبت به هم نمودار عنکبوتی ترسیم گردید.

نمودارهای عنکبوتی

در این نمودارها عناصر بر حسب عدد اتمی در محور Xها قرار گرفته و در محور Yها مقادیر بی‌هنجار شده هر یک از این عناصر برای دو استاندارد اولیه SUN و گوشته (Prim) قرار می‌گیرند. نمودارها توسط نرم‌افزار کامپیوتری Version 93.02.16, Newpet رسم شده‌اند. شکل عمومی نمودارها برای کلیه نمونه‌ها که در دو مقدار فوق بی‌هنجار شده‌اند مشابه است ولی توزیع عناصر برای بهنجارسازی گوشته دقیق‌تر از میزان بی‌هنجار

کرده‌اند. در تفسیر این امر محققان تأثیر میدان مغناطیسی زمین را دخیل دانسته‌اند به گونه‌ای که بلورها در جهت میدان مغناطیسی آرایش یافته‌اند. وجود حالت لایه‌ای تنها در کانیهای فرو مغناطیس بویژه مگنتیت قابل مشاهده است و در کانیهای پارامغناطیس به میزان کمتری در بزرگنماییهای بسیار بالا مشاهده می‌شود. کانیهای دیامغناطیس فاقد این نوع لایه‌بندی است. در سمت راست تصویر، بلورهای پیریت با تمایز مشخص و فاقد لایه‌بندی، دیده می‌شود. سطح صاف این بلورها، آنها را از بلورهای مگنتیت با ظاهری خشن کاملاً متمایز می‌کند.

زمین‌شیمی عناصر خاکی کمیاب (REE)

مطالعه عناصر خاکی کمیاب بخشی از زمین‌شیمی مدرن است. این عناصر نسبت به عناصر اصلی و فرعی کارایی بهتری در متمایز کردن فرایندهای زمین‌شیمیایی دارند. پراکندگی این عناصر را می‌توان با مدل‌های ریاضی توصیف کرد و فرضیه‌های سنگ‌شناسی را به طور کمی مورد بررسی قرار داد. REE ها شامل سری فلزهای با عدد اتمی ۵۷ تا ۷۱ یعنی از La تا Lu هستند. در بعضی از کتابها و مقاله‌ها سریهای دیگری هم برای این عناصر قائل می‌شوند. تمام REE ها دارای خصوصیات شیمیایی و فیزیکی مشابهی هستند. این عناصر اختلاف اندکی در رفتار شیمیایی دارند که دلیل آن کاهش یکنواخت اندازه یونی با افزایش عدد اتمی است. این اختلاف کوچک سبب می‌گردد که این عناصر در برخی از فرایندهای زمین‌شناسی از هم تفکیک شوند (کریم‌زاده، ۱۳۸۱). در این مقاله منظور از عناصر خاکی کمیاب، گروه فلزهای موجود در خانه شماره ۵۷ جدول تناوبی از عدد اتمی ۵۷ تا ۷۱ است. برای بررسی عناصر خاکی کمیاب، ۱۲ نمونه از سنگ دیواره کانسار باباعلی هم در فرا دیواره و هم در فرود دیواره انتخاب گردید و ۲ نمونه هم از آمفیبول‌های همراه ذخیره جمع‌آوری شد. سپس نمونه‌ها خرد و در حد الک ۵۰ مش آسیاب شد. و برای تجزیه به روش NAA (تجزیه فعال سازی نوترونی) به راکتور مینیاتوری سازمان انرژی اتمی ایران در اصفهان فرستاده گردید (Pohs, 1987).

روش NAA، به دو روش INAA و RNAA انجام می‌شود در روش INAA از پودر سنگ یا کانی استفاده می‌شود و در روش RNAA جدایش شیمیایی عناصر صورت می‌گیرد. در تجزیه‌های این تحقیق، از روش INAA استفاده گردید. علت انتخاب این روش تجزیه نمونه، حساسیت بالا و کارآمدی این روش برای تجزیه سنگ است بویژه آنکه اغلب برای عناصر کمیاب سنگها به کار می‌رود. به منظور مطالعه عددی نتایج میزان LREE و HREE و نسبت LREE/HREE و نسبت Eu/Sm و La/Lu محاسبه و در

آذین است. بنابراین، براساس مطالعات اخیر و با توجه به مطالب ارائه شده توسط Henderson (1984) منشأ کانسار و سنگ در برگیرنده کاملاً متفاوت است و به احتمال زیاد می‌توان منشأ گرمایی را برای آن پیشنهاد کرد.

نتیجه‌گیری

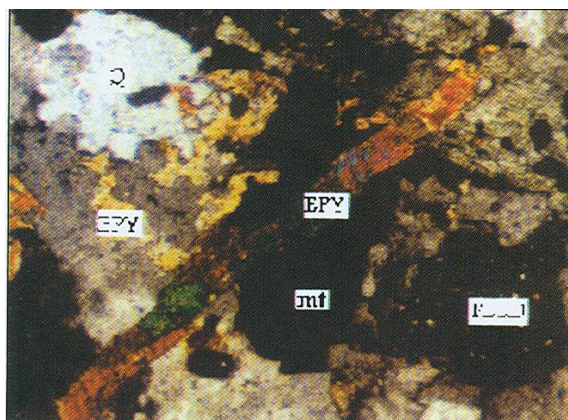
با توجه به کانیها و بافتهای موجود در سنگ دیواره و مشاهده دگرگونی خفیف تا متوسط دینامیکی در سنگ دیواره و وجود بافتهای متفاوت جانشینی و پرکننده فضای خالی در توده کانساری باباعلی و با توجه به مطالعات انجام شده توسط دستگاه SEM که نشان دهنده تبلور مگنتیت در فضایی باز تحت تأثیر میدان مغناطیسی زمین و با توجه به تجزیه عناصر خاکی کمیاب و بررسی مقادیر LREE و HREE و نسبت LREE/HREE و نسبت La/Lu و Eu/Sm و مجموع REE ها در سنگ دیواره و توده کانساری و رسم نمودارهای عنکبوتی و بروز تفاوت آشکار در روند این عناصر در نمودارهای مربوطه، می‌توان نتیجه گرفت که منشأ کانسار بابا علی با منشأ سنگ دربرگیرنده متفاوت است. زیرا لازمه هم منشأ بودن این دو، تشابه در رفتار عناصر خاکی کمیاب است. همچنین وجود همبری ناگهانی، شکل عدسی تا لایه‌ای کانسار، وجود هاله‌های شدید دگرسانی و تفاوت ترکیب شیمیایی کانسار با سنگ دیواره، نشان دهنده تشکیل کانسار از یک محلول غنی از آهن است.

شده توسط اعداد ارائه شده SUN است. لذا این مقادیر انتخاب گردیده‌اند و در شکل‌های شماره ۸ و ۹ این نمودارها دیده می‌شوند. نمونه‌ها همان نمونه‌های موجود در جدول ۱ هستند.

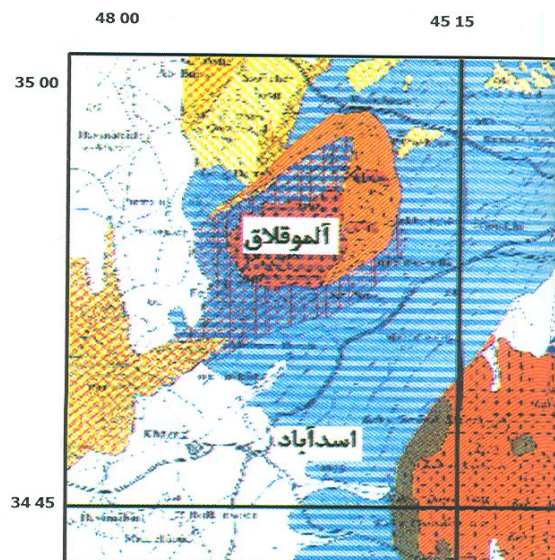
نمودارهای موجود در شکل ۸ از اندیس ۲ پله‌های ۲ و ۳ برداشت شده‌اند که تقریباً محل نمونه‌ها در هر دو پله نسبت به کانسار در یک محل قرار دارند. براساس شکلها، میزان لانتانیدها از La به Lu در این سنگها کاهش می‌یابد و کاهش مشخصی با یک نقطه کمینه در عنصر یوروپیم دیده می‌شود. این بی‌هنجاری مربوط به فلدسپارهای موجود در نمونه است. زیرا عنصر یوروپیم در حالت Eu^{+2} عنصر سازگار در پلاژیوکلاز است در حالی که سایر عناصر خاکی کمیاب به حالت سه ظرفیتی بوده و ناسازگار هستند. بنابراین تبلور پلاژیوکلاز سبب تولید بی‌هنجاری منفی یوروپیم می‌شود. تفریق LREE نسبت به HREE در اثر وجود آمفیبول است.

در شکل ۹ میزان عناصر ذکر شده برای پله سوم اندیس ۲ با فواصل بیشتری از کانسار و همه از سنگ فرادیاره برداشت شده است. نمودارهای موجود در شکل ۹- الف به هم ریختگی زیادی دارند که این امر می‌تواند تداخل شاخه‌های مختلف کانساری با سنگ میزبان در نقاط مختلف باشد.

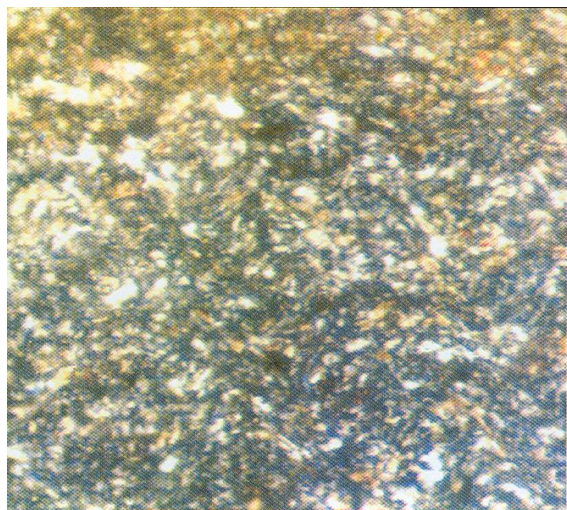
بی‌هنجاری منفی در عنصر یوروپیم همچنان به خوبی دیده می‌شود. شکل ۹- ب سلیکات‌های همراه کانسار را نشان می‌دهد (Henderson, 1984). روند موجود در این نمودار با روند موجود در شکل ۹- الف و نمودارهای شکل ۸ کاملاً متفاوت است، به گونه‌ای که عناصر یک‌درمیان کم و زیاد شده‌اند و حالت موجود در سامانه‌های گرمایی را نشان می‌دهند. در حالی که روندهای موجود در نمودارهای قبلی روند سنگهای



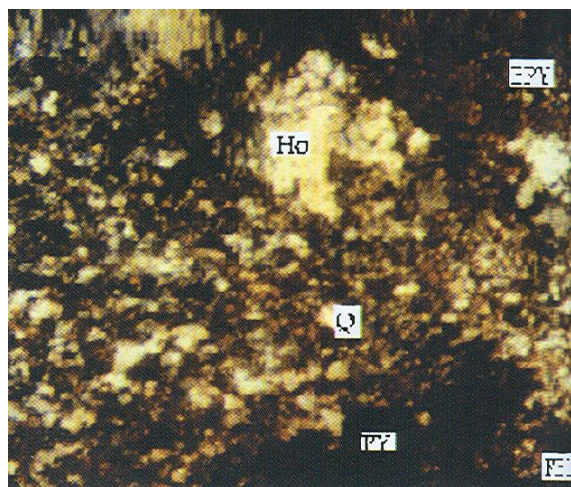
۲- انواع اپیدوت ثانویه (بزرگنمایی $100\times$) در نور (Q=کوارتز ، mt=مگنتیت ، FELD=فلدسپار ، EPY=اپیدوت)



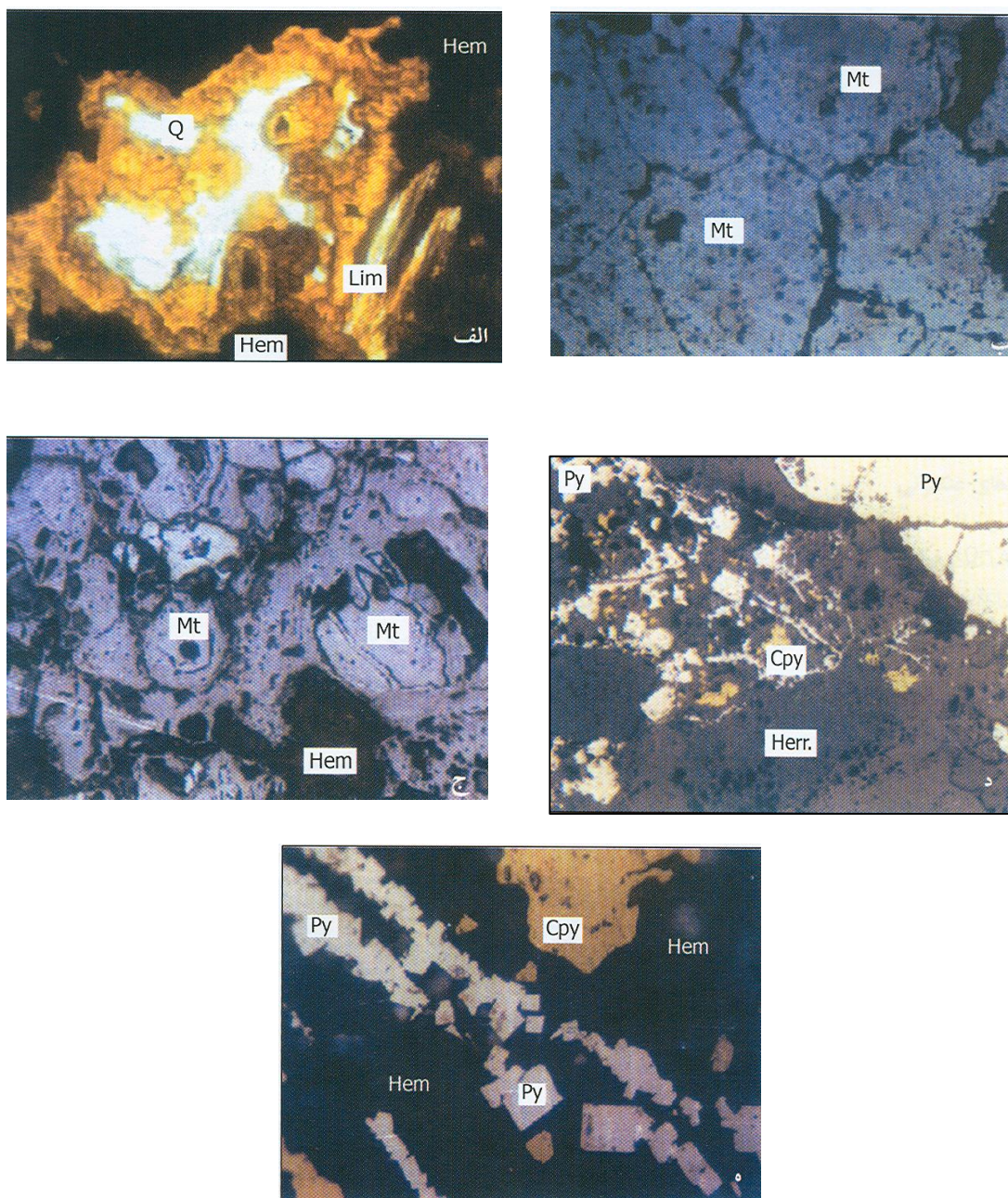
شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه شکل (مقیاس $1/250000$) (عمیدی و مجیدی، ۱۹۷۷)



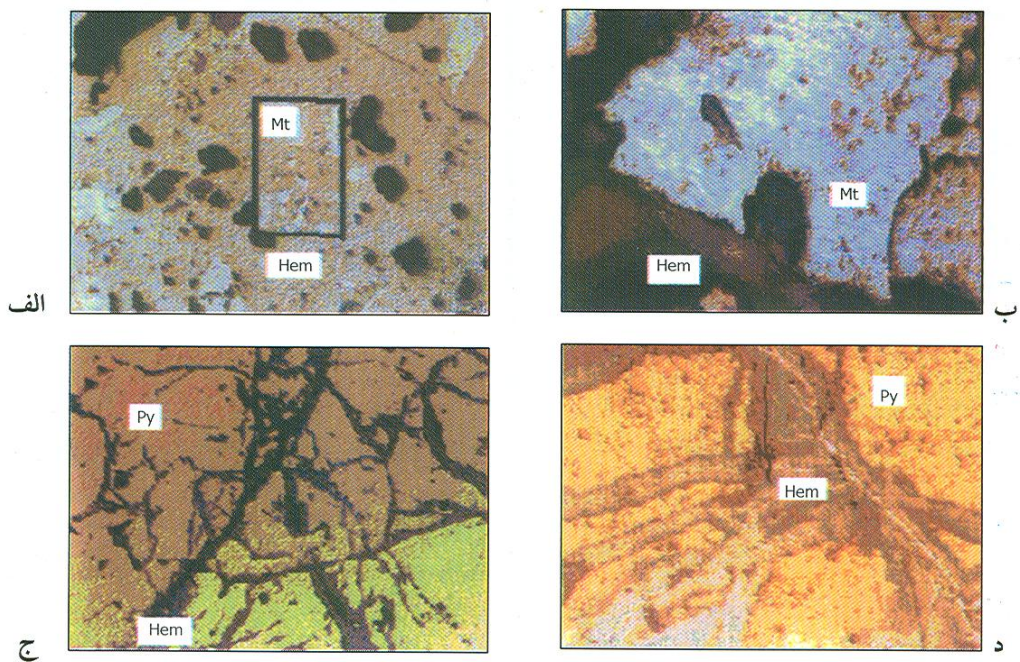
شکل ۴- چینهای شکنجی در میلونیتهای مجاور کانسار باباعلی در نیکلهای عمود بر هم (بزرگنمایی $100\times$)



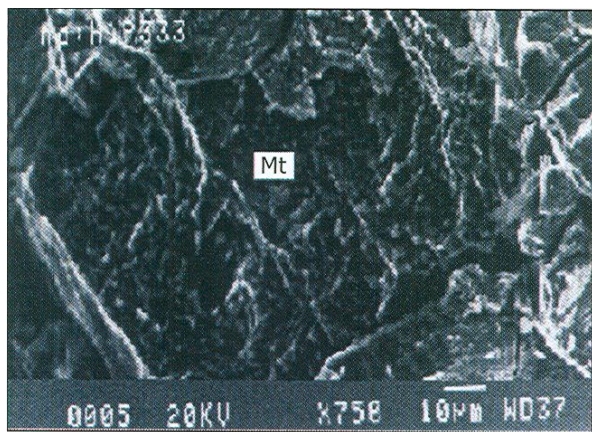
شکل ۳- اپیدوتی شدن در بلورهای هورنبلند و پلاژیو کلاز در زمینه ریز دانه شبیه به میلونیت در سنگهای در برگیرنده کانسار و مجاور آن. (بزرگنمایی $100\times$ و نیکلهای عمود بر هم)



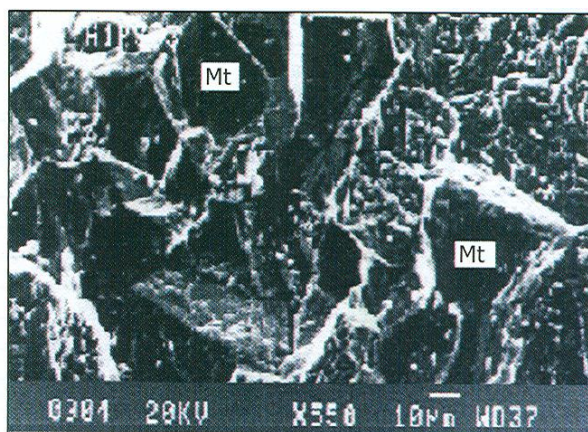
شکل ۵- الف) تصویر بلورهای متبلور شده لیمونیت با بافت خوشه انگوری (مقطع نازک نور عادی بزرگنمایی ۱۰۰×). ب) بلورهای مگنتیت با بافت موزاییکی بی‌نظم (نور عادی، بزرگنمایی ۱۰۰×). ج) بافت برشی تا هسته‌ای لایه ای در بلورهای مگنتیت (نور عادی، بزرگنمایی ۱۰۰×). د) هم‌رشدی پیریت و هماتیت و حضور پیریت ریز دانه خوش وجه (نور عادی، بزرگنمایی ۱۰۰×). ر) قسمتی از شکل ۵- د که تا ۲ برابر در نور عادی بزرگ شده زنجیره‌ای از پیریت‌های ریز دانه خوش وجه با نور روشن در زمینه تیره هماتیته دیده می‌شوند (نور عادی ۲۰۰×) (Hem = هماتیت، Cpy = کالکوپیریت، Py = پیریت، Mt = مگنتیت، Lim = لیمونیت، Q = کوآرتز)



شکل ۶- الف) جانیشینی مگنتیت توسط هماتیت (بزرگنمایی $100\times$ نور عادی). ب) تولید بافت بازماندی از جانیشینی حاصل جانیشینی مگنتیت توسط هماتیت (بزرگنمایی $100\times$ نور عادی). ج) بافت کناره‌ای توسط جانیشینی پیریت شکنده توسط هماتیت شکل پذیر (نور عادی درشتنمایی $100\times$). د) بافت کناره‌ای تا جانیشینی در بلور پیریت (نیکله‌های عمود بر هم بزرگنمایی $50\times$)

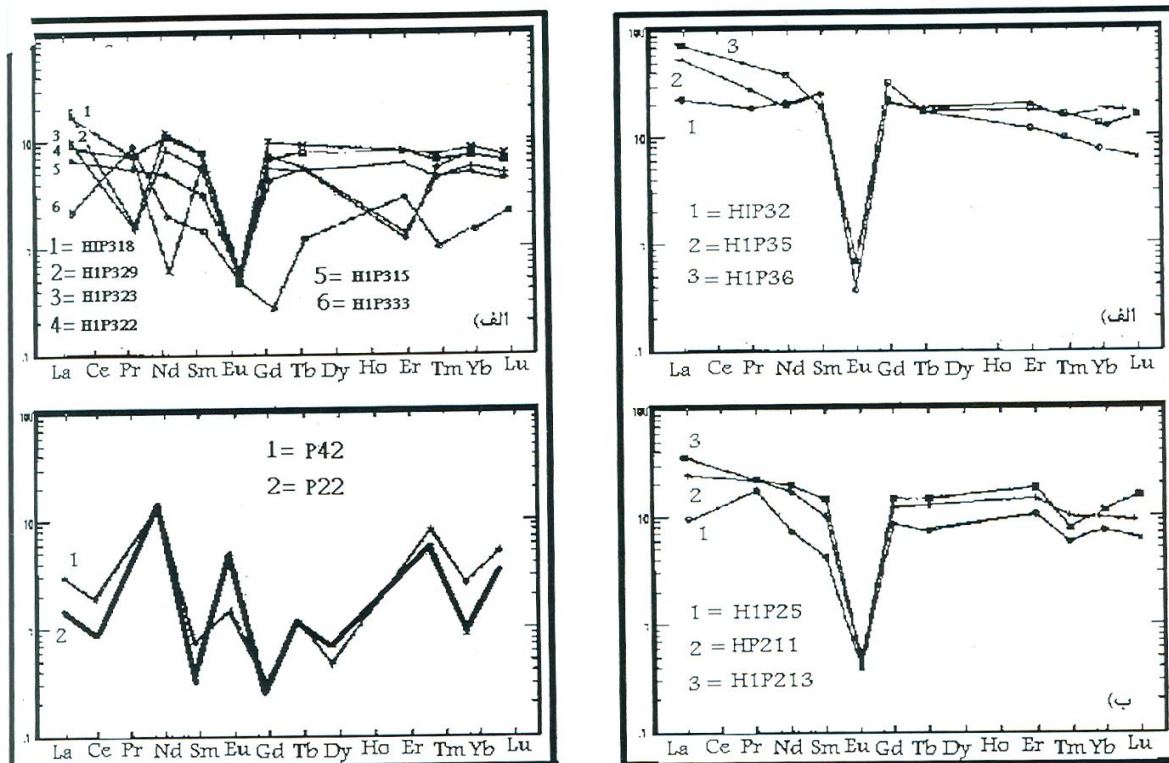


ب



الف

شکل ۷- الف) یک تصویر SEM از بلورهای درشت مگنتیت با سطحی صاف و مرز مشخص با میانبارهای پیریتی بزرگنمایی $550\times$ برابر (ب) تصویر SEM با بزرگنمایی $750\times$ برابر لایه‌بندی در بلورهای کانی فرو مغناطیس مگنتیت دیده می‌شود در گوشه سمت راست، بلور غیر مغناطیسی پیریت فاقد لایه‌بندی مشاهده می‌شود.



شکل ۸- نمودارهای عنکبوتی مربوط به دو سری از نمونه‌ها

الف) نمونه‌های برداشت شده از پله سوم

ب) نمونه‌های برداشت شده از پله دوم

شکل ۹- نمودار عنکبوتی تعدادی از نمونه‌های موجود در جدول ۱

الف) نمودار نمونه‌های برداشت شده از سنگ دیواره در پله شماره ۳

ب) نمودار نمونه‌های برداشت شده از آمفیولهای همراه کانسار

جدول ۱- محاسبه بعضی از پارامترها برای نمونه‌های مورد آزمایش

T.REE	Eu/Sm	La/Lu	LREE/HREE	HREE	LREE	شماره نمونه	ردیف
۲۱/۴۹	۵/۸۳	۴/۳۵	۸/۷۶	۲/۲	۱۹/۲۹	P22	۱
۲۴/۰۱	۰/۷۴	۶/۱	۸/۶۴	۲/۵۴	۲۱/۹۷	P42	۲
۹۲/۳۲	۰/۴۵	۲۷/۱۳	۳/۴۷	۲۰/۶۵	۷۱/۶۷	H1P32	۳
۲۱۲/۷۵	۰/۱۸	۶۷/۴۱	۷/۰۳	۲۴/۲۳	۱۷۰/۵۲	H1P35	۴
۱۷۲/۲۸	۰/۴۸	۳۳/۲۷	۵/۹۷	۲۴/۷۱	۱۴۷/۵۷	H1P36	۵
۵۷/۱۵	۰/۲۱	۱۸/۴۳	۴/۶۱	۱۰/۱۸	۴۶/۹۷	H1P25	۶
۱۱۱/۴۶	۰/۲۲	۳۷/۴۱	۵/۵	۱۷/۱۴	۹۶/۳۲	H1P211	۷
۱۴۵/۵	۰/۲۷	۵۳/۲۰	۶/۸۱	۱۸/۶۲	۱۲۶/۸۸	H1P213	۸
۵۴/۹۵	۰/۲۴	۸۸/۴۶	۲۰/۱۳	۲/۶	۵۲/۳۵	H1P315	۹
۲۶۸/۸۹	۰/۲۳	۸۲/۴۲	۸/۸۱	۲۷/۳۹	۲۴۱/۵	H1P318	۱۰
۱۱۵/۱۶	۸/۳۶	۴۴/۶۸	۵/۸۳	۱۶/۸۴	۹۸/۳۲	H1P322	۱۱
۱۲۱/۱۶	۰/۲۱	۴۷/۲۰	۵/۸۶	۱۷/۶۶	۱۰۳/۵	H1P323	۱۲
۲۵۵/۳۸	۰/۱۹	۵۳/۴۴	۶/۶۸	۳۳/۲۵	۲۲۲/۱۳	H1P329	۱۳
۷۸/۲۵	۰/۲۰	۸/۲۳	۳/۶۵	۱۶/۸۱	۶۱/۴۴	H1P333	۱۴

کتابنگاری

- براتی، م.، ۱۳۸۱- مطالعه بافتی و کانی شناسی کانسار آهن همه کسی دانشگاه بوعلی سینا
تقی‌پور، ن. و مر، ف.، ۱۳۸۱- مطالعه بافتی و عناصر نادر خاکی در رخدادهای مس جیان. مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۱
کریم‌زاده ثمرین، ع. ر.، ۱۳۸۱- کاربرد داده‌های ژئوشیمیایی. دانشگاه تبریز
لیاقت، س. و جمی، م.، ۱۳۷۸- دیباچه‌ای بر کانه‌شناسی میکروسکوپی کاربردی. دانشگاه شیراز
یعقوب‌پور، ع. م.، ۱۳۸۰- کانیهای خاکهای کمیاب. نشر دانشگاهی

Reference

- Ernst, W. G., 1996- "Synthesis and Stability relations of ferrotremolite". American Journal of Science V. 264. P. 37-65.
Frietsch, R., 1998- "On the Magmatic Origin of Iron Ores of the Kiruna Tape.
Guillbert. M., & Park. Ch. F., 1986- "The geology of ore deposits". Free man 985. P.
Henderson. P., 1984- "Rare Elements Geochemistry, Development in Geochemistry" 1984 - 2. Elsevier. Amsterdam.
Iser., R. A., 1990- "Atlas of opaque and ore Minerals in their Associations" 1990 open University Press.
Kessler, W. and Muller. G., 1989 "Minor and trace -element data of iron oxides from iron formations of the iron Quadrangle
" Minas Gerais. Brazil Mineralogy and Petrology. V. 39. P. 245-250.
Pohs. P.J., 1987- "A Handbook Of SILICATE ROCK ANALYSIS". Chapman & Hall.

* دانشگاه بوعلی سینا، دانشکده علوم پایه، گروه زمین‌شناسی، همدان، ایران
** دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین، تهران، ایران

* Dept. of Geology, Faculty of Sciences, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

** Dept. of Geology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran