IRANIAN SOCIETY of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Vol. 16, No. 3, Fall 1387/2008

IRANIAN JOURNAL of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

# Mineralogy and Textural Studies of Mehdiabad Zinc-Lead Deposit- Yazd, Central Iran

**M. Ghasemi[1], M. Momenzadeh[1], A. Yaghubpur[2], A.A. Mirshokraei[3]**

*1- Tehran, Geological Survey of Iran, Research Institute for Earth Sciences*
*2- Tehran, Tarbiat Moalem University, Faculty of Sciences, Geology Department*
*3- Tehran, Iran Itok Company, Mining Department.*
*E-mail: gsighasemi@yahoo.com*

(Received: 29/7/2007, in revised form: 8/6/2008)

**Abstract:** Mehdiabad Zn-Pb-Ba deposit is located 110km south-east of Yazd, in the Central Iran structural zone. The stratigraphic succession consists of three sedimentary formations of lower Creataceous age. The Sangestan formation,i.e, the lowest unit of shale and siltstone with calcarenitic interbeded layers. This unit is overlain by ankeritic massive dolomite and dolomitic limestone of Taft formation. The Abkouh formation at the top is composed of cherty or clayey limestone with conglomeretic intercalation, lenses of massive reef limestone and calcareous shale. The structure of orebody shows a half-graben with a vast N-S synform being complicated by the presence of polyphase faults. The main normal fault is Tappeh Siah fault, suggested to have been active during and after the period of sedimentation. Major economic minerals are sphalerite, galena and barite with minor pyrite, chalchopyrite in sulfide zone. Oxide ores contain smithzonite, hydrozincite, hemimorphite and cerussite. Mineralization occurs in stratiform-lenticular orebodies and concordant with host rocks. Also orebodies showing laminated, disseminated, open space filling, karst filling, colloform and botryoidal textures.

**Keywords:** *Mehdiabad, Lower Creataceous, Zinc & Lead, Iran, Tappeh Siah fault.*

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال شانزدهم، شمارهٔ ۳، پاییز ۸۷، از صفحهٔ ۳۸۹ تا ۴۰۴

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

# بررسی بافتی و کانی‌شناسی کانسار روی- سرب مهدی‌آباد یزد- ایران مرکزی

**محمود قاسمی[۱]، مرتضی مؤمن‌زاده[۱]، عبدالمجید یعقوب‌پور[۲]، امیرعباس میرشکرایی[۳]**

*۱- تهران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، پژوهشکدهٔ علوم زمین.*

*۲- تهران، دانشگاه تربیت معلم، دانشکدهٔ علوم، گروه زمین‌شناسی.*

*۳- تهران، شرکت مهندسی ایتوک ایران، معاونت معدنی.*

*پست الکترونیکی: gsighasemi@yahoo.com*

(دریافت مقاله ۸۶/۵/۷ ، نسخه نهایی ۸۷/۳/۱۹)

**چکیده:** کانسار روی- سرب- باریت مهدی‌آباد یکی از کانسارهای معروف سرب و روی در ایران است که در ۱۱۰ کیلومتری جنوب خاوری یزد، ناحیهٔ ایران مرکزی قرار می‌گیرد. سنگ میزبان کانسار، سنگهای کربناتی کرتاسه‌زیرین، شامل سه سازند سنگستان، تفت، و آبکوه است. سازند سنگستان در قاعده بیشتر از شیل و سیلتستون با میان لایه‌های آهکی آرنایت تشکیل شده است. این واحد سنگ‌شناسی با دولومیت و سنگ آهک دولومیتی و آنکریتی سازند تفت پوشیده می‌شود. سازند آبکوه در بخش بالایی که شامل سنگ آهک چرتی و سنگ آهک رسی همراه با سنگ آهک ریفی توده‌ای و میان لایه‌های کنگلومرایی است، روی سازند تفت قرار می‌گیرد. ساختار مادهٔ معدنی در کانسار مهدی‌آباد به صورت ناودیس بزرگی با راستای شمالی- جنوبی است و به وسیلهٔ گسلهای متعددی دستخوش تغییرات فراوانی شده است. از مهم‌ترین این گسل‌ها، گسل معمولی تپه‌سیاه است که احتمالاً همزمان و پس از ته نشستی فعال بوده است. اسفالریت، گالن و باریت کانیهای معمولی اقتصادی و پیریت و کالکوپیریت، کانیهای فرعی در بخش سولفیدی است. کانیهای سروزیت ($PbCO_3$)، اسمیت زونیت ($ZnCO_3$)، همی‌مورفیت ($Zn_4(Si_2O_7)(OH)_2.H_2O$) و هیدروزنسیت ($Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$) کانیهای اصلی بخش اکسیدهٔ کانسارند. شکل تودهٔ معدنی در این کانسار لایه‌ای، و عدسی، و هم‌شیب با سنگهای میزبان است. همچنین کانی‌سازی به صورت تمرکزهای متقاطع به صورت پرشدگی شکستگی‌ها، حفره‌های کارستی، کلوفرم، افشان، و خوشه انگوری در کانسار قابل مشاهده‌اند. از نظر کمی نسبت حجم توده‌های لایه‌ای و عدسی همساز با سنگهای میزبان به مراتب بیشتر از بخش پرشدگی شگستگی‌ها و کارست‌هاست.

**واژه‌های کلیدی:** *مهدی‌آباد، کرتاسه زیرین، روی و سرب، ایران، گسل تپه سیاه.*

**مقدمه**

کانسار روی و سرب مهدی‌آباد در ۱۱۰ کیلومتری جنوب خاوری یزد و در بخش مرکزی ایران مرکزی قرار گرفته است (شکل ۱). در این ناحیه ذخایر و نشانه‌های کانی‌سازی سرب و روی در سنگهای کربناتی کرتاسه‌زیرین با گستردگی وجود دارند. بررسیهای چینه‌شناسی و سنگ‌شناسی نشان می‌دهد که به دنبال رخداد کوهزایی کیمیرین پسین و یک دوره فرسایش و خشکی‌زایی عمومی و ته نشستی در زمان نئوکومین و هوتروین با تشکیل تناوبی ماسه‌سنگ، سیلتستون، شیل و میان لایه‌های سنگ آهک سازند سنگستان آغاز شد که ویژگیهای یک محیط ساحلی و کم عمق دریایی را نشان می‌دهد [۱]. کانسار مهدی‌آباد به عنوان یک نمونهٔ برجستهٔ کانسار روی- سرب از سالیان دور شناسایی و پی جویی شده و از این کانسار بهره برداری‌های مقطعی نیز صورت گرفته است[۲]. بررسیهای زمین‌شناختی و ساختاری همراه با ترانشه‌زنیهای سطحی و حفاری مغزه‌گیری (بالغ بر ۶۰ هزار متر)، و تونل زنی در بخشهای مختلف آن صورت گرفته است. ولی تاکنون در خصوص چگونگی تشکیل و تکوین کانسار نظریه واحدی وجود

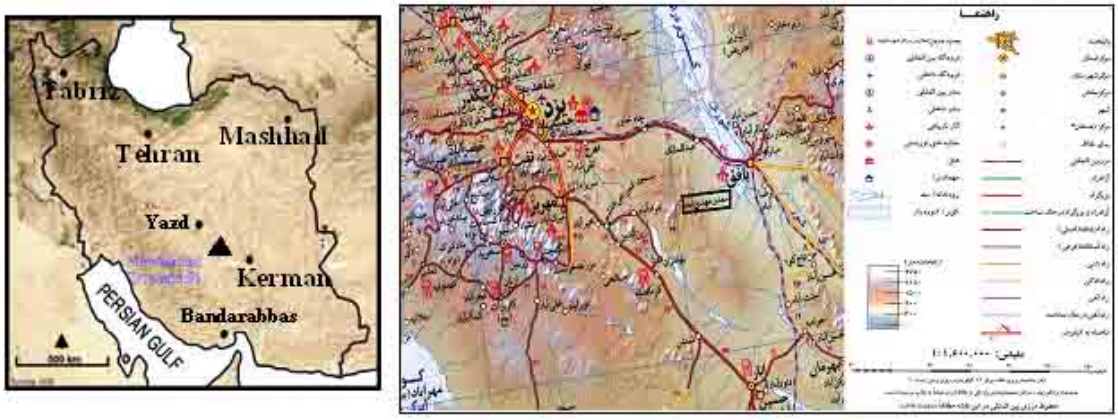
[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]

ندارد [۳]. بررسی سنگ‌شناسی و ژئوشیمیایی عناصر در ناحیه نشان می‌دهد که کانسنگ سرب و روی از نظر چینه‌شناسی در سه افق قرار دارد. افق اول شامل حد بین سازند سنگستان و تفت، افق دوم بخش زیرین سازند تفت است که رخساره‌های سنگ آهکی بایومیکرایت، بایوپل میکرایت، پل میکرایت، دولو میکرایت و دولو اسپارایت با فراوانی جلبک‌ها در بخش آهکی را نشان می‌دهد، و افق سوم در بخش میانی سازند آبکوه و در یک واحد سنگ آهک ریفی قرار دارد، و رخسارهٔ بایومیکرایت- بایوپل میکرایت، با حضور جلبکهای فراوان را نشان می دهد[۳]. به علت تغییرات تدریجی و رخساره‌ای ته نشستها در ناحیه، عموماً دو افق کانی‌سازی زیرین و بالایی قابل شناسایی هستند [۳ و ۴]. شرکت فرانسوی BRGM تودهٔ معدنی کانسار مهدی‌آباد را به سه بخش قابل تقسیم می‌داند که عبارتند از کانسنگ نوع خاوری، کانسنگ نوع درهٔ مرکزی، و کانسنگ نوع باختری. یک از انواع کانسنگهای بالا بر پایهٔ سنگ‌شناسی، نوع پاراژنزی، و دگرسانی از بخش دیگر قابل جدایش است. کانسنگ خاوری کانسار مهدی‌آباد به صورت لایه‌ای در بخش پائینی سازند تفت شکل گرفته است. ضخامت تقریبی آن ۲۰ تا ۴۰ متر است. نسبت Zn/Pb مساوی ۲ است. کانسنگ نوع باختری شامل دولومیت آنکریتی است که دارای درز و شکستگی فراوان است. مادهٔ معدنی غالب در این بخش، باریت همراه با اسفالریت و گالن است که از کانیهای همراه می‌توان به کالکوپیریت اشاره کرد. حجم ماده معدنی در این بخش بالاست، ولی عیار آن پائین است. در این بخش کانی‌زایی با گسلها کنترل می‌شود. کانسنگ بخش باختری کانسار مهدی‌آباد را توده‌های باریت پوشانده‌اند. بافت کانسنگ در این بخش به صورت افشان و رگه‌ای است. در رگه‌ها باریت همراه با مس و اکسیدهای سرب وجود دارد[۵]. در سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۰ که بیشترین تمرکز پی جوییها در بخش باختری کانسار بوده است بخش تازه‌تری به موارد فوق افزوده شد که به کانسنگ نوع گسترهٔ جنوبی معروف است[۲]. ضخامت کانسنگ و عیار مادهٔ معدنی در این بخش بسیار خوب است و بافتهای غالب آن رگه‌ای، افشان، برشی، و کلوفرم است. دگرسانی این بخش شامل آنکریتی شدن است که سنگ میزبان کانسار در این بخش دولومیت سازند تفت است.

**روش مطالعه**

پس از جمع‌آوری و بررسی اطلاعات قبلی موجود در مورد کانسار مهدی‌آباد، بررسیهای صحرایی و آزمایشگاهی در قالب زیر صورت گرفته اند:

بررسیهای کتابخانه‌ای، بررسیهای و برداشت‌های صحرایی، بررسی ویژگیهای کانی‌شناسی کانسار روی- سرب مهدی‌آباد با استفاده از مطالعهٔ مقاطع میکروسکوپی نازک، صیقلی، و نازک صیقلی روی نمونه‌هایی از مغزه‌های حفاری، تونل‌ها و ترانشه‌های موجود، بررسی نتایج آنالیز شیمیائی دستگاهی و مقایسهٔ آن با بررسیهای کانی‌نگاری، کانی‌شناسی، و سنگ- شناختی، بررسی ویژگیهای بالا در راستاهای عمودی و افقی با استفاده از معرف شیمیائی روی و سرب، تهیهٔ مقاطع دقیق زمین شناختی در تمامی بخشهای کانسار مهدی‌آباد به منظور دریافت چگونگی پراکنش کانه‌زائی روی و عناصر همراه آن، بررسی تنوع و توالی کانیایی و همسوئی تغییرات کانی‌شناسی و سنگ‌شناختی در بخشهای مختلف کانسار مهدی‌آباد.




**شکل ۱** موقعیت کانسار مهدی‌آباد و راههای دسترسی به آن.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]

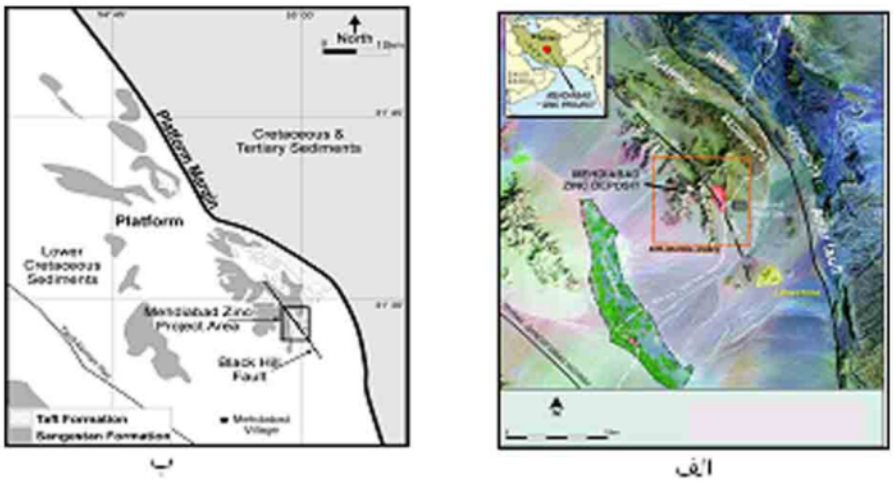
**زمین‌شناسی**

کانسار روی- سرب مهدی‌آباد از دیدگاه زمین‌شناسی ساختاری در ناحیهٔ ایران مرکزی واقع شده است. ویژگیهای کلی این ناحیهٔ در نوشته‌های بسیاری به بحث کشیده شده است، این ناحیه ساختاری به شکل مثلث در مرکز ایران قرار می‌گیرد، به طوری که ضلع شمالی آن به منطقهٔ البرز، ضلع باختری و جنوب باختری آن به منطقهٔ سنندج ـ سیرجان و از شرق به خرد قاره شرق ایران مرکزی (بلوک لوت) متصل می‌شود. این منطقهٔ ساختاری نسبت به مناطق دیگر، از پیچیدگیهای بیشتری برخوردار است [۱].

بر پایهٔ نقشهٔ ۱:۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی یزد، گسلهای اصلی منطقه با روند شمال باختری ـ جنوب‌خاوری، ناحیه را تحت تأثیر حرکتهای خود قرار داده و در این میان گسل سرکوه (شاخه‌ای از گسل انار) با شیب نسبتاً زیاد تا قائم به سمت شرق با ته نشستهای کرتاسه زیرین در منطقهٔ کانسار نقش اساسی داشته است (شکل ۲)،[۴].

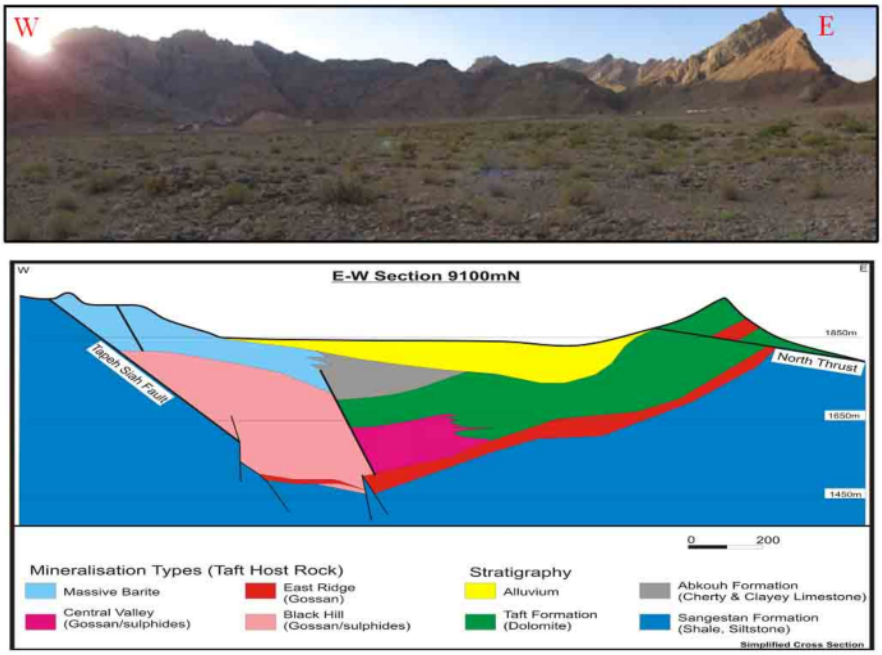
چینه‌شناسی کانسار مهدی‌آباد شامل سه سازند ته نشستی کرتاسه‌زیرین است. سازند سنگستان در قاعده قرار گرفته است که با سازند تفت پوشیده می‌شود، و هر دو سازند اخیر با سازند آبکوه پوشیده می‌شوند. سازند سنگستان از نظر سنگ‌شناسی شامل سیلتستون، سنگ آهک شیلی، سنگ آهک ماسه‌ای، و سنگ آهک بیوکلاستیک همراه با میان لایه‌های ماسه‌سنگی است [۵]. سازند تفت بیشتر شامل سری‌های کربناتی است که از نظر سنگ‌شناسی شامل دولومیت است که در افق بالایی با کارستی شدن گسترده همراهی می‌شود. بخش دولومیتی سازند تفت به عنوان میزبان مادهٔ معدنی است. سازند آبکوه شامل سنگ آهک رسی و چرتی است که سازند تفت را می پوشاند. بخش پائینی سازند آبکوه دارای کانی‌زایی سرب و روی است. کانی‌زایی در این بخش به صورت کانیهای کربناتی و سیلیکاتی روی است. آبرفت‌های وابسته به کواترنری که از رس، ماسه، و قطعات سنگی حاصل از تخریب سازندهای آبکوه، تفت و سنگستان نتیجه شده است، دشت مرکزی کانسار مهدی‌آباد را می‌پوشاند. ضخامت بخش آبرفتی در کانسار مهدی‌آباد از ۱۰ تا ۱۵۰ متر متفاوت است [۶].

از نظر زمین‌شناسی ساختاری مادهٔ معدنی در کانسار مهدی‌آباد به شکل یک ناودیس باز است که محور آن به سمت جنوب تمایل دارد. راستای ناودیس یاد شده به صورت NW-SE است و با شیب ۷۵-۵۰ درجه به سمت شمال باختری است (شکل ۳). گسل تپهٔ سیاه در بخش باختری این ناودیس قرار گرفته است. گسل تپه سیاه از نظر ساز و کار گسلی پیچیده است که مقدار جابه جایی آن از سانتیمتر تا صدها متر در بخش‌های مختلف گسل است. سنگهای ته نشستی کرتاسه-زیرین در شرق کانسار مهدی‌آباد با شیب ۴۵ درجه به سمت غرب در زیر دشت مرکزی کانسار مهدی‌آباد گسترش دارد[۶]. ساختار اخیر با روراندگی شمالی در کانسار مهدی‌آباد، دستخوش تغییرات می‌شود. روراندگی شمالی با شیب ۳۰-۲۰ درجه به سمت شمال شرق در بخش شرقی کانسار مهدی‌آباد باعث تکرار لایه کلاهک آهنی شرقی می‌شود [۳]، (شکل ۳).




**شکل ۲** موقعیت کانسار مهدی‌آباد روی عکسهای ماهواره‌ای. در تصاویر الف و ب موقعیت گسل انار در شرق کانسار مهدی‌آباد.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]




**شکل ۳** چشم انداز کلی کانسار در رخنمون سطحی در راستای خاوری و باختری و نیز مقطع زمین‌شناسی زیر زمینی کانسنگهای مختلف کانسار.

**دگرسانی**

دگرسانی دولومیتی به صورت گسترده در سازند تفت که سنگ میزبان مادهٔ معدنی کانسار مهدی‌آباد است مشاهده می‌شود. این دگرسانی در سطوح کارستی، شکستگی و نیز به صورت برشی همراه بوده است. تغییر حجمی که در نتیجه دگرسانی دولومیتی به وجود آمده، باعث کاهش حجم ۱۲ درصدی نسبت به حجم اولیه در سنگ میزبان شده است [۷]. دگرسانی آنکریتی به رنگ زرد پرتقالی به شکل هاله‌ای به ضخامت ۱۰ الی ۲۰ متر، درست در بالای افق سولفیدی وجود دارد که از آن می‌توان به عنوان یک راهنمای پی جویی مناسب سود برد [۳]. کاهش حجمی که در نتیجه دگرسانی آنکریتی به وجود می‌آید ۶ درصد است که می‌تواند فضای مناسبی برای نهشت بعدی مواد معدنی را فرآهم آورد. دگرسانی آنکریتی را می‌توان در سطوح حفره‌ها، شکستگی و برشی در کانسار مهدی‌آباد تشخیص داد.

**کانی‌زایی**

کانی‌زایی در کانسار مهدی‌آباد هم به صورت همزاد (سین-ژنتیک) و هم به صورت دیرزاد (اپی‌ژنتیک) در سنگهای کربناتی کرتاسه‌زیرین شکل گرفته است [۳]. کانیهای اصلی سولفیدی در کانسار روی- سرب مهدی‌آباد شامل اسفالریت و گالن همراه با کانیهای فرعی پیریت، کالکوپیریت و کالکوسیت است. کانیهای زون اکسیدان شامل اسمیت‌زونیت، هیدروزنسیت، همی‌مرفیت و سروزیت است. کانیهای دولومیت، آنکریت، کلسیت، لیمونیت، هماتیت و رس همراه کانیهای مادهٔ معدنی وجود دارند [۸]. کانی‌زایی دیرزاد در کانسار مهدی‌آباد با تخلخلی که احتمالاً پیش از کانی‌زایی انجام گرفته است کنترل می‌شود. مناطق با تخلخل مناسب مانند مناطق گسلی، مناطق برشی، برش‌هایی رگه‌ای هستند. تخلخلی که در طول دگرسانی دولومیتی و آنکریتی به وجود آمده، می‌تواند فضای مناسبی را برای نهشت آبگونهای کانی‌دار فرآهم آورد. بافت کلوفرم در کانیهای گالن و اسفالریت همراه با باریت فراوان، به صورت پرکنندهٔ فضای خالی نشان دهندهٔ این است که کانی-زایی سولفیدی دارای فاز تأخیری نسبت به سنگ میزبان است. بخش جنوبی کانسار مهدی‌آباد با بافت نواری اولیه سولفیدی همراه با پیریت فرامبوئیدال، در متنی از مواد آلی نشان دهندهٔ کانی‌زایی همزاد در کانسار مهدی‌آباد است. مرحلهٔ بعدی کانی-زایی در کانسار مهدی‌آباد را می‌توان در ارتباط با فعالیت دوباره گسل تپه سیاه و نفوذ آبگون کانه‌دار به ناحیهٔ گسل تپه سیاه و شکستگیهای وابسته به آن دانست که با کانی‌زایی گستردهٔ کالکوپیریت همراه است [۳].

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]

**کانی‌شناسی و مطالعهٔ مقاطع میکروسکوپی**

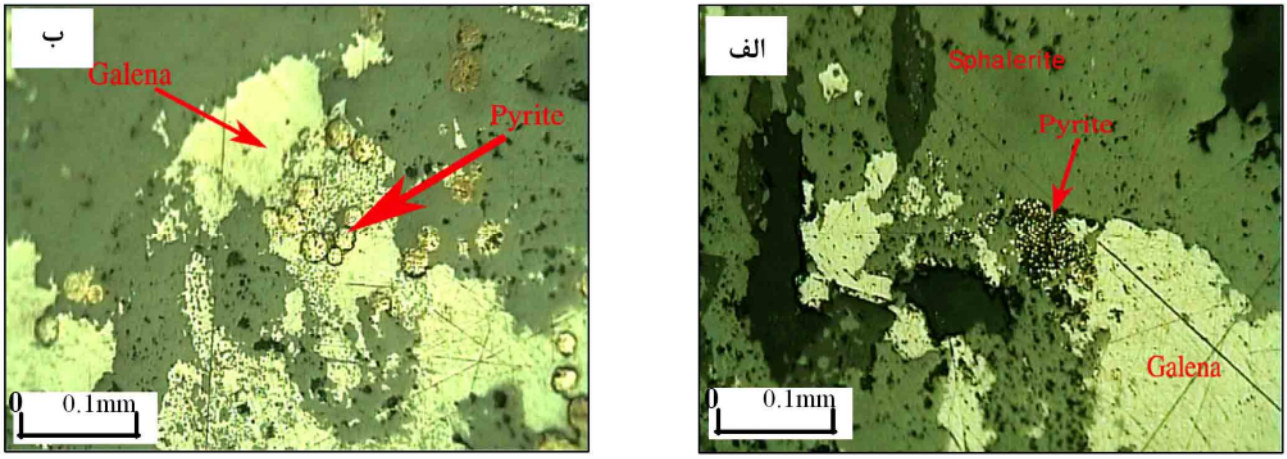
بر پایهٔ بررسیهای مقاطع صیقلی و نازک و نیز تجزیه‌های شیمیایی و کانی‌شناسی، اسفالریت، گالن، و باریت، کانیهای اصلی بوده و کانیهای اکسیدی اقتصادی عبارتند از سروزیت، همی‌مرفیت، هیدروزنسیت. کانیهای فرعی عبارتند از مالاکیت، کالکوپیریت، آزوریت، پیریت و کانیهای باطله شامل دولومیت، کلسیت، هماتیت، مارکاسیت، گوتیت، لیمونیت، کوولیت، پسیلوملان و کانیهای رسی هستند که در مجموع هفت مجموعهٔ کانیایی در هفت بخش از کانسار روی- سرب مهدی-آباد قابل تشخیص‌اند [۳]. در زیر به مراحل کانی‌سازی، کانیها در کانسار مهدی‌آباد پرداخته می‌شود.

اسفالریت: کانی اسفالریت اصلی‌ترین کانی اقتصادی در کانسار مهدی‌آباد است. این کانی به صورت گرهکهای نامنظم و نیز به صورت لایه‌ای و عدسی‌های کم پهنا در متن سنگ میزبان وجود دارد. در مواردی اسفالریت به صورت سیمان، ذرات کانی پیریت را به هم متصل کرده است (شکل ۴ تصاویر الف و ب). در تعدادی از نمونه‌های دستی، اسفالریت به صورت لایه‌ای مشاهده شد. از طرفی اسفالریت نسل جدیدتر در مکانهای جانشین گالن نسل قدیمی‌تر شده و گاهی گالن همراه با اسفالریت رشد تداخلی دارند. همچنین از دیگر بافتهای اسفالریت همراه با گالن می‌توان به بافت شبه کلیوی اسفالریت با گالن اشاره کرد (شکل ۵، تصاویر الف و ب). اسفالریت در نمونه‌های دستی کانسار مهدی‌آباد به دو صورت پرآهن و کم-آهن وجود دارد. نوع پر آهن اسفالریت نشان دهندهٔ تشکیل در دماهای بالاتر است (شکل ۶، تصاویر الف و ب). می‌توان گفت که کانی‌زایی اسفالریت در سه مرحله صورت گرفته است، مرحلهٔ اول تشکیل اسفالریت نواری ظریف لایه که احتمالاً در مراحل ته نشستی شکل گرفته است. مرحلهٔ دوم پس از تشکیل پیریت فرامبوئیدال است، چون حاوی میانبارهای پیریت است، بافت این نسل از اسفالریت به صورت پرکنندهٔ فضای خالی است. مرحلهٔ سوم همزمان با کانی‌سازی گالن صورت گرفته و بافت آهنگین گالن و اسفالریت مؤید آن است (شکل ۷، تصاویر الف و ب). از دیگر بافتهای میکروسکوپی کانی اسفالریت در کانسار مهدی‌آباد می‌توان به بافتهای زونی (شکل ۸، تصویر الف)، گل کلمی (شکل ۸، تصویر ب)، اسکلتی (شکل ۹) و اسفروئیدی یا شبه کروی اشاره کرد (شکل ۱۰).

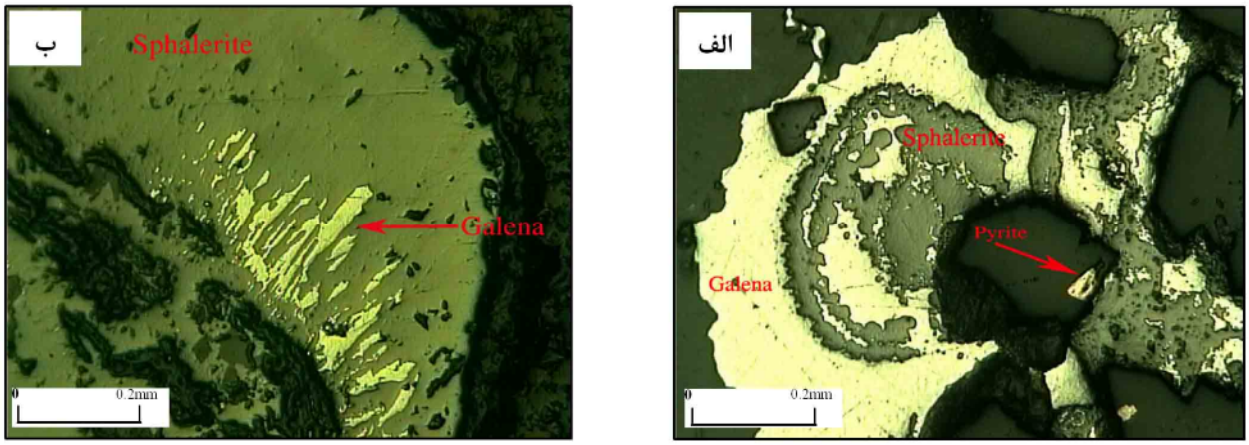
گالن: کانی گالن به صورت افشان، توده‌ای، رگچه، و زمینهٔ بین بلوری و نیز پرکنندهٔ فضای خالی مشاهده شد. با توجه به بررسیهای میکروسکوپیکی و نمونه‌های دستی، گالن دست کم سه مرحله کانی‌سازی را نشان می‌دهد. در مرحلهٔ اول به صورت ریزدانه و میانبار در کانی اسفالریت نسل دوم دیده می‌شود. در مرحلهٔ دوم به صورت پسمانده آبگون (Rest Solution) در کانی اسفالریت که ناشی از جانشینی این کانی است. در نهایت گالن درون شکستگی‌ها قرار گرفته و آنها را پر کرده است (اشکال ۴ و ۵).

دولومیت: بررسی مقاطع نازک در نمونه‌های دولومیت کانسار مهدی‌آباد نشان دهندهٔ گونه‌های مختلفی از این کانی است. دولومیت نوع اول معمولاً شکل‌دار با سطح بلوری مسطح و بلورهای خیلی ریز است. اندازهٔ این بلورها نشان دهندهٔ جایگاه کشندی هنگام تشکیل آنهاست که می‌تواند حاصل تغییر شکل تقریباً همزمان آنها با دیاژنز اولیه باشد [۹]. دولومیت شناور در یک زمینهٔ آهکی با سطوح بی‌شکل تا شکل‌دار در یک زمینهٔ آهکی وجود دارند و در منطقهٔ کشندی تشکیل شده [۹]. این نوع دولومیت معمولاً از جایگزینی کربناتهای قبلی حاصل شده است. دولومیت نوع سوم، شکل‌دار و درشت دانه است که همراه دولومیت نوع اول و پنجم دیده می‌شوند. این دولومیت جزء دستهٔ دولومیت پرکنندهٔ فضای خالی محسوب می‌شود، و با دولومیت نوع اول ارتباط پاراژنتیکی دارد و ظاهراً پس از دولومیت نوع اول تشکیل شده است [۱۰].در دولومیت نوع چهارم هیچگونه بافت جایگزینی مشاهده نمی‌شود. این نوع دولومیت فاقد خوردگی درون بلوری است و زونهای دولومیت دارای پهنای مساوی است. دولومیت نوع پنجم به صورت پر کنندهٔ فضای خالی است. این نوع دولومیت معمولاً منطقه‌بندی دارد که تعداد و پهنای مناطق متفاوت‌اند که در مرکز مقدار آهن کم است و یا وجود ندارد (شکل ۱۱، د). ولی نوارهای خارجی‌تر بیشتر غنی از آهن است (شکل ۱۱، ج، د و ه). این نوع دولومیت در مراحل انتهایی دیاژنز به وجود می‌آید و روی دولومیت نوع اول و سوم رشد و سرانجام با دولومیت زین اسبی دنبال می شود [۱۰]. دولومیت نوع ششم، نا مسطح و درشت دانه است و مرزهای بلوری به صورت دندانه‌ای است که ناشی از فشارهای انحلالی و غنی از میانبار است، و جزء دولومیت جانشینی محسوب می‌شود که در محیط تدفینی تشکیل شده است [۱۰]. این نوع دولومیت می‌تواند حاصل تغییر شکل و بلوری شدن دوبارهٔ دولومیت انواع قبلی در دماهای بالا باشد. دولومیت زین اسبی معمولاً با سطوح بلوری منحنی و درشت دانه ظاهر می‌شود. این نوع دولومیت معمولاً در شرایط دمایی برابر با ۱۵۰ـ۶۰ درجه سانتیگراد و شوری بالا به وجود می‌آید (شکل ۱۱، تصاویر الف تا ه).

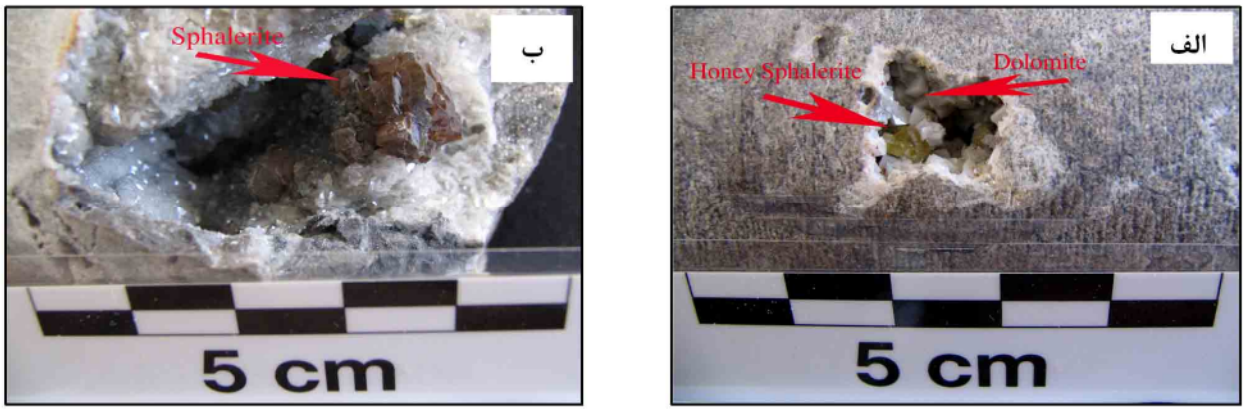
[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]




**شکل ۴** در الف پیریت فرامبوئیدال در اسفالریت و در ب در کانی گالن دیده می‌شود.

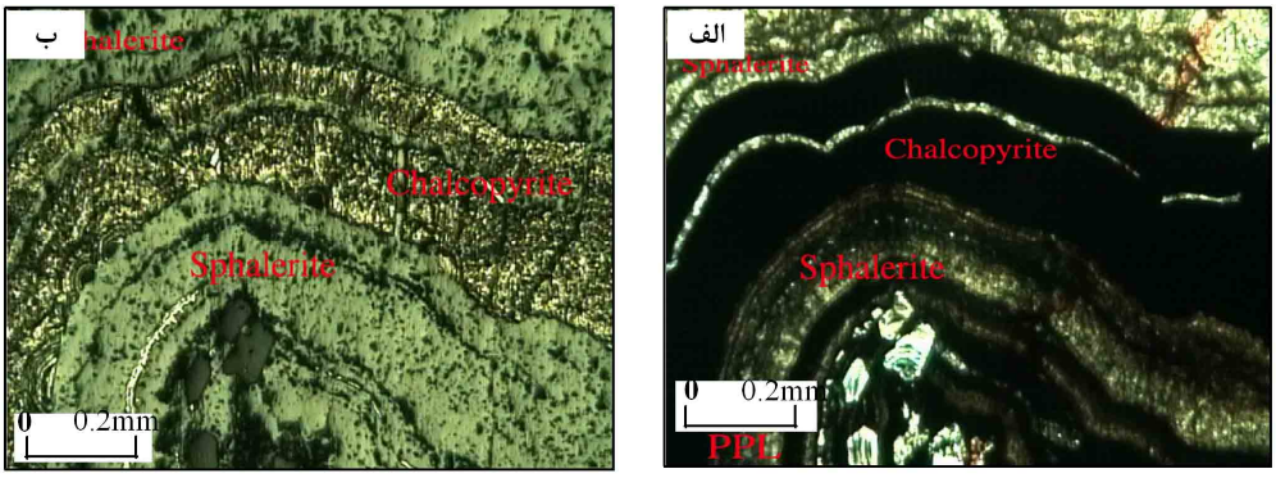



**شکل ۵** بافت شبه کلیوی اسفالریت به همراه گالن در الف و رشد تداخلی اسفالریت و گالن در ب.

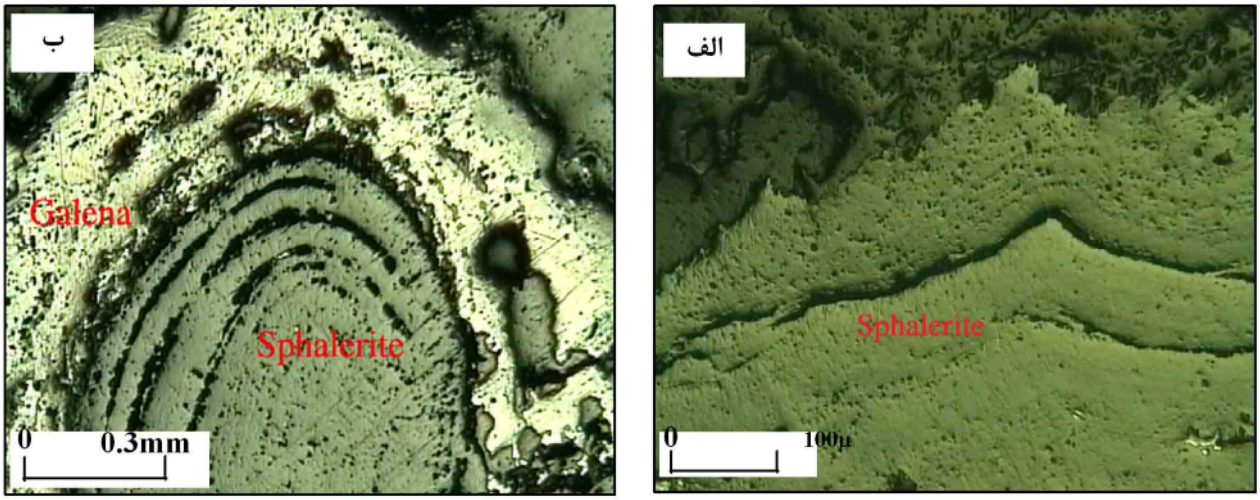



**شکل ۶** نمونه دستی متعلق به اسفالریت کم آهن در الف و اسفالریت غنی از آهن در ب.

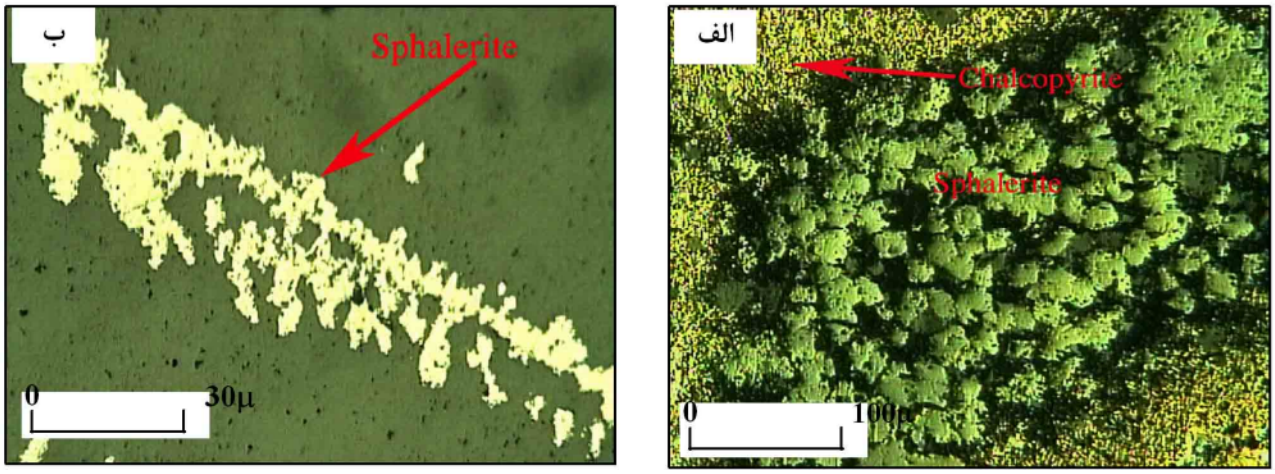
[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]




**شکل ۷** بافت کلوفرم (ریتمیک) از کانی اسفالریت در نور PPL عبوری در الف و نور بازتابی در ب.

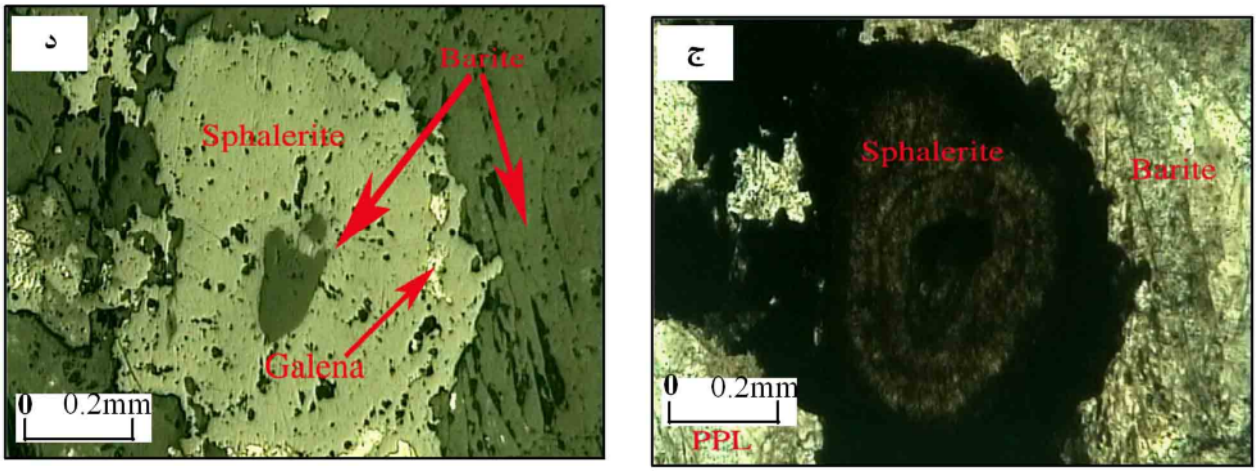



**شکل ۸** در الف بافت زونی از کانی اسفالریت و در ب بافت گل کلمی از کانی اسفالریت همراه با گالن.

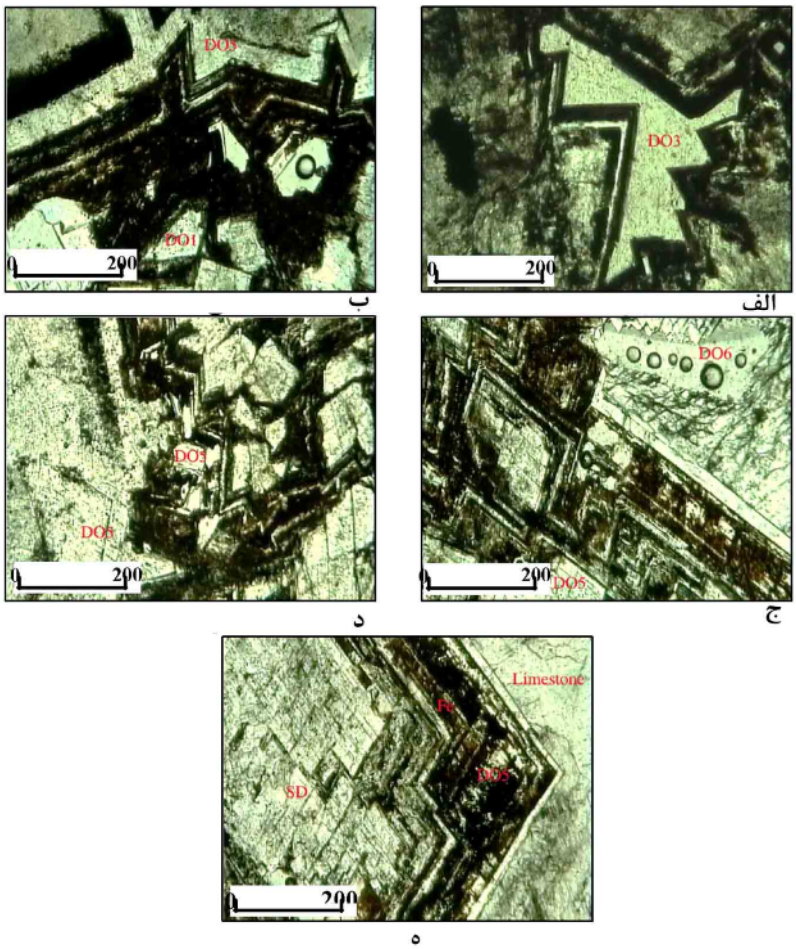



**شکل ۹** در الف و ب شاهد بافت اسکلتی از کانی اسفالریت هستیم.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]



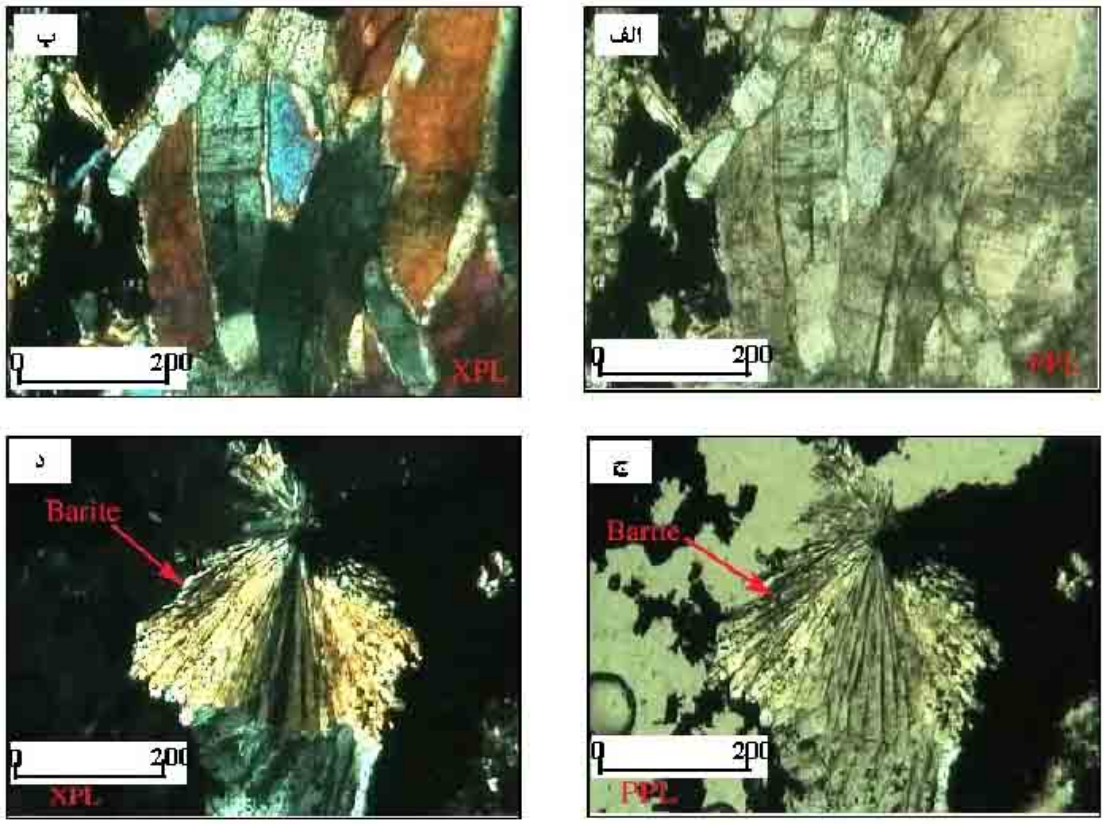

**شکل ۱۰** بافت اسفروئیدی یا شبه کروی از کانی اسفالریت در نور PPL عبوری در الف و نور بازتابی در ب.




**شکل ۱۱** بافتهای مختلف دولومیت در کانسار مهدی‌آباد. الف ـ دولومیت نوع سوم به صورت پر کنندهٔ فضای خالی و پس از دولومیت نوع اول تشکیل می‌شود، ب ـ بلورهای ریزدانه دولومیت نوع اول، ج ـ دولومیت نوع ششم که حاوی میانبار فراوان است، د ـ دولومیت نوع پنجم به صورت پر کنندهٔ فضای خالی که از سرشتیهای بارز آن وجود بافت منطقه بندی شده است، ه ـ دولومیت زین اسبی.

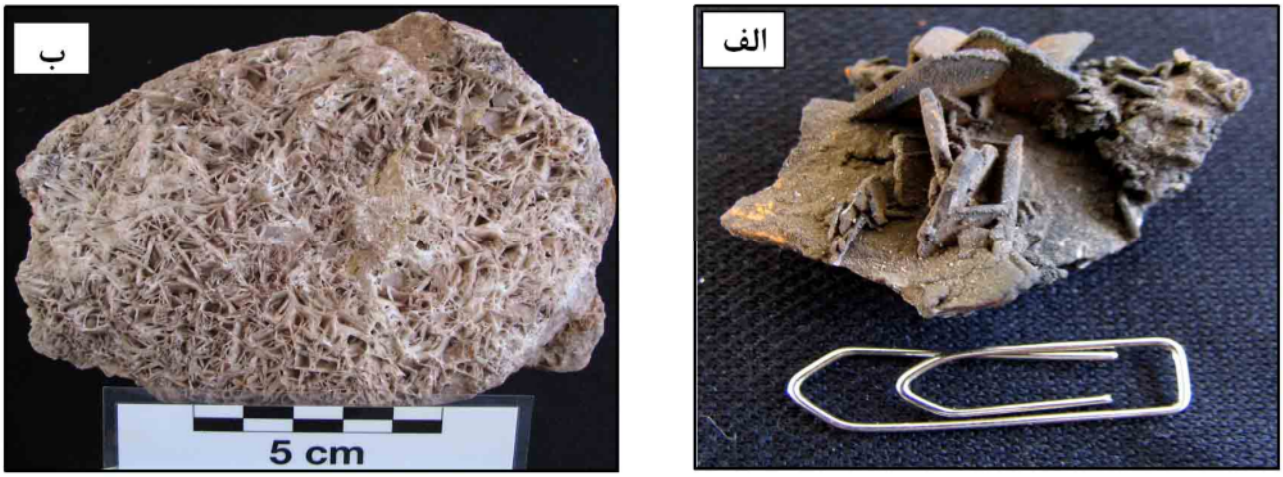
[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]

باریت: باریت در کانسار مهدی‌آباد به عنوان یک کانسنگ اقتصادی مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به بررسیهای پی جویی اخیر، حجم باریت در کانسار مهدی‌آباد در حدود ۱۰ میلیون تن برآورد شده است که از نظر معدنکاری قابل توجه است. از نظر کانی‌شناسی، حداقل سه نوع باریت در نمونه‌های دستی کانسار مهدی‌آباد وجود دارد که با رنگ‌های متفاوت خاکستری، سفید، و قهوه‌ای قابل تشخیص است [۳]. برای مطالعهٔ کانی‌شناسی از هر سه نوع کانسنگ نمونه‌برداری شد. نتایج بررسیهای میکروسکوپیکی بر روی باریت خاکستری، نشان می‌دهد که کانیهای تشکیل دهنده، شامل باریت، کوارتز ریز بلورین، هیدروکربنات مس (مالاکیت)، کانیهای کدر، و هیدروکسیدهای آهن تیره به رنگ بازتابی سرخ رنگ است. باریت به صورت بلورهای طویل حاوی ماکل کارلسباد- پلی- سنتیتیک بی‌رنگ و با برجستگی بالا بوده و اندازهٔ دانه‌ها به ۱/۶ میلی‌متر می‌رسد. بررسی نمونهٔ باریت سفید نشان می‌دهد در این نمونه اختلاط و آمیختگی بلورهای باریت و سیلیس ریز بلورین نسبتاً زیاد است و بدین ترتیب، هم رشدی آن به خوبی قابل رؤیت است. در تشخیص کانی باریت از کانی کوارتز، علاوه بر برجستگی بالای باریت، ماکل شدگی و وجود کلیواژ در بلورهای آن، باید گفت که در بلورهای باریت میانبار وجود ندارد، در حالی که در بلورهای کوارتز این امر قابل دید است. باریت قهوه‌ای مانند باریت خاکستری شامل بلورهای همرشد باریت، کانی‌های کدر سولفیدی، دانه‌های سیلیس درشت دانه تا ریز دانه ریز بلورین است. همچنین هیدروکسیدهای آهن و دانه‌های کربناته نیز همراه این نوع باریت دیده می‌شوند [۸]. به طور کلی می‌توان گفت بافتهای شاخص در مورد باریت کانسار مهدی‌آباد شامل بافت تیغه‌ای (شکل ۱۲ الف و ب)، بافت دم جارویی (شکل ۱۲ الف و ب) در نمونه‌های میکروسکوپیکی و بافتهای جعبه‌ای، تیغه‌ای در نمونه‌های دستی است (شکل ۱۳ الف و ب).




**شکل ۱۲** تصاویر میکروسکوپی از کانی باریت. الف و ب ـ بافت تیغه‌ای کانی باریت در نور XPL و PPL، ج و د ـ بافت دم جارویی کانی باریت در نور XPL و PPL.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]




**شکل ۱۳** نمونه‌های دستی مربوط به باریت. الف ـ بافت تیغه‌ای باریت همراه با بافت پوششی (Coating) منگنز ، ب ـ بافت جعبه‌ای باریت.

پیریت: کانی پیریت از فراوانترین کانیها در کانسار مهدی‌آباد محسوب می‌شود که تقریباً در تمام بخش سولفیدی کانسار قابل ملاحظه است. در مرحلهٔ اول کانی‌سازی، پیریت به صورت بلورهای شکل‌دار و ریزدانه است. این پیریتها به صورت بلورهای بزرگ و فرامبوئیدال و نیمه شکل‌دار در نمونه‌های دستی و میکروسکوپی قابل مشاهده است. در مرحلهٔ دوم تشکیل پیریت، پیریت در زمینه‌ای از اسفالریت و گالن مشاهده می‌شود. در مرحلهٔ سوم کانی‌سازی پیریت، به دلیل خوردگی و هضم قطعات گالن و اسفالریت، کانی‌سازی آن ادامه داشته است و گاهی نیز پیریت به اکسیدهای آهن تجزیه و توسط گالن احاطه شده‌اند. پیریت در کانسار مهدی‌آباد دارای بافتهای متنوعی است که می‌توان به صورت زیر تقسیم‌بندی کرد:

الف- پیریت فرامبوئیدال: این نوع از پیریتها دارای شکل کاملاً مشخص و با حاشیه نسبتاً روشنی است، ولی ساخت داخلی در آنها کاملاً متفاوت است. به طوریکه در بعضی بخشها فرامبوئید کاملاً گرد با حجره‌های کاملاً مشخص است (شکل ۱۰، و)، در حالی که در بخشهای دیگر به صورت کاملاً کشیده است. در بعضی موارد حجره‌ها در آنها به صورت دانهٔ تسبیحی پشت سر هم قرار گرفته‌اند و بافت جزیره‌ای اولیه را از خود نشان می‌دهند [۹]. وجود پیریت فرامبوئیدال در کانسار مهدی‌آباد نشانهٔ مراحل درونزادی اولیه در این کانسار است [۳]. این نوع پیریت در مراحل بعدی، در اثر حرکتهای زمین ساختی که منجر به دگرگونی خفیف در ناحیهٔ کانسار شد، تجدید تبلور یافته است (شکل ۱۴، الف و ب).

ب- رشد همزمان پیریت و مارکاسیت: بافت این نوع پیریت به صورت فرامبوئیدال است و به صورت گل کلمی است که از حاشیه به مارکاسیت تبدیل شده است. علت آن فشار زیاد گوگرد به علت فراوانی کروژن است. این نوع تجمع پیریت و مارکاسیت نشانهٔ کانی‌زایی همزاد است[۱۱]، که به نظر می‌رسد همزمان با ته نشینی همانند کانسارهای مسیو سولفیدی تشکیل شده است (شکل ۱۵).

ج- پیریت‌های شکسته شده و بلوری: این نوع پیریت که تحت تأثیر فرایندهای زمین ساختی و دگرگونی قرار گرفته، دارای تغییر شکلهای شکنا و برشی شدن و تغییر شکلهای شکل پذیر است. فرایندهای اخیر در مقاطع میکروسکوپیکی وابسته به کانسار روی- سرب مهدی‌آباد قابل تشخیص است[۱۱]. (شکل ۱۴، الف و ب).

د- پیریت‌های لایه‌ای چین خورده: این نوع پیریت نشانهٔ کانی-زایی همزادند [۱۱]، که همزمان با ته نشستی تشکیل شده و در مراحل بعدی در اثر حرکتهای کوهزایی چین خورده‌اند (شکل ۱۶).

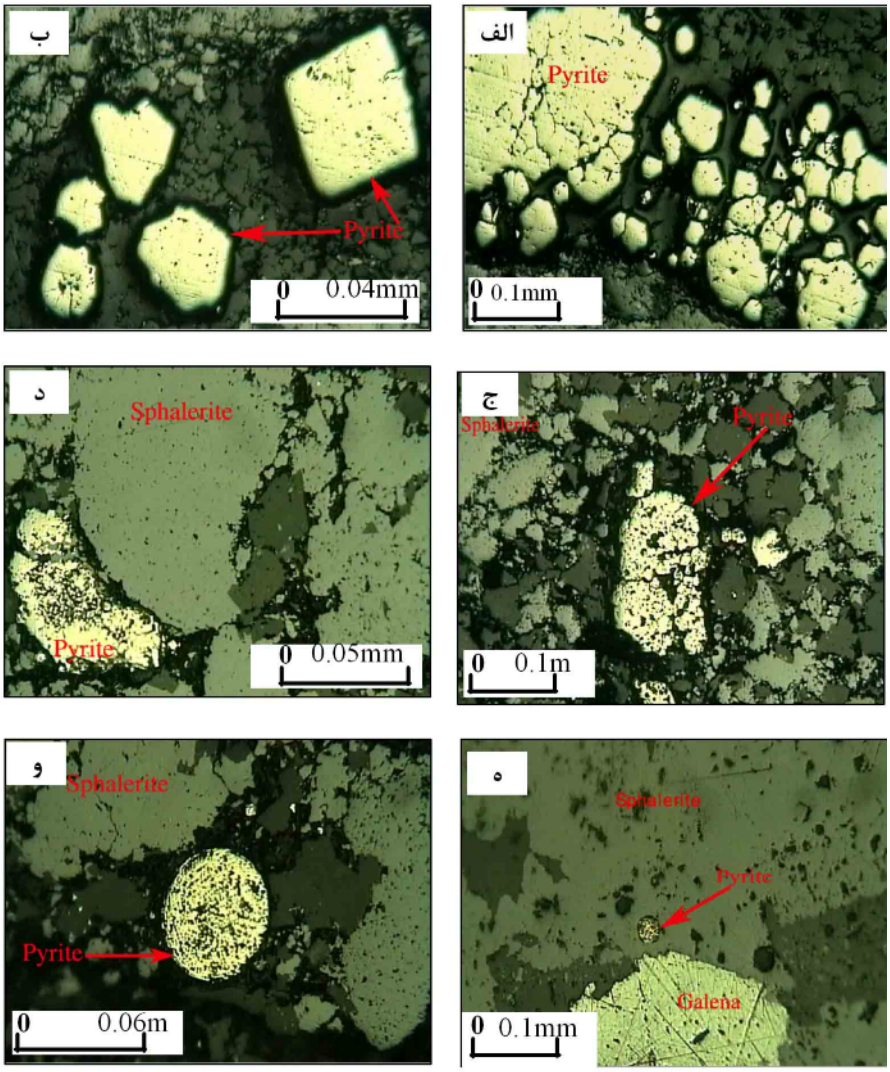
کالکوپیریت: کالکوپیریت به میزان پایین و همراه کوارتز و دیگر فازهای سولفیدی مشاهده می‌شود. این کانی به صورت دانه‌های درشت و ریز بلور که از حاشیه به کوولیت و دیژنیت تبدیل

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]

شده‌اند، مشاهده می‌شوند که مقدار آن به سمت بخش باختری کانسار مهدی‌آباد و در ارتباط با گسل تپه‌سیاه بیشتر می‌شود. حالت برشی شدن و بافت کاتاکلاستی نیز در برخی نمونه‌ها به صورت مشخصی قابل مشاهده است که بی ارتباط با منطقهٔ برشی گسل تپه‌سیاه نیست. مالاکیت و آزوریت فراوانترین کانی ثانویه مس و در واقع فراوانترین کانی مس‌دار در نمونه‌های سطحی و کم عمق کانسار مهدی‌آباد است که در اثر اکسایش کالکوپیریت حاصل شده‌اند. کالکوپیریت در بیشتر موارد به صورت پرکنندهٔ فضای خالی شکل گرفته است و از بافتهای شاخص این کانی می‌توان به آهنگین، کوکاد، و تبدیلی در آنها اشاره کرد، [۶] (شکل ۱۷).

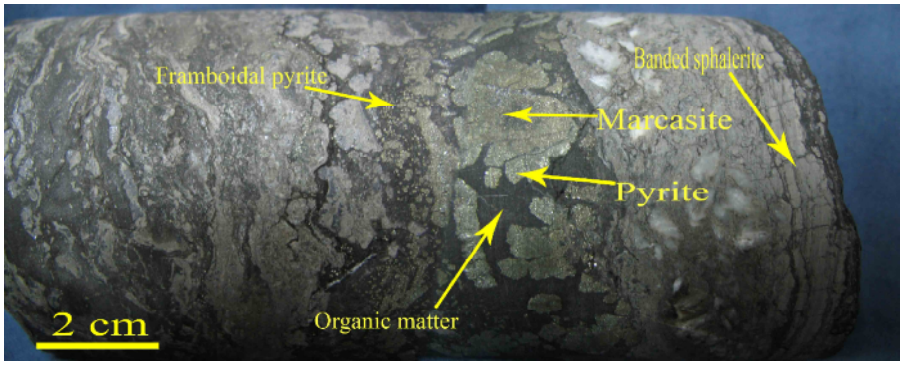
**توالی پاراژنتیکی**

کانی‌شناسی رخساره‌های کانه‌دار در کانسار روی- سرب مهدی‌آباد یزد ساده بوده و شامل اسفالریت، گالن، باریت، پیریت، کالکوپیریت، هماتیت، لیمونیت همی‌مرفیت، سروزیت، اسمیت‌زونیت، هیدروزنسیت، مالاکیت، آزوریت، آنکریت، دولومیت، کلسیت است. بر پایهٔ بررسیهای انجام شده در مقیاس صحرایی، نمونهٔ دستی، میکروسکپی توالی پاراژنتیک کانیها و کانیهای کانسار روی- سرب مهدی‌آباد با توجه به ارتباط دگرشکلی، دگرسانی، و کانی‌زایی رسم شد و در جدول شماره ۱ آورده شده‌اند.



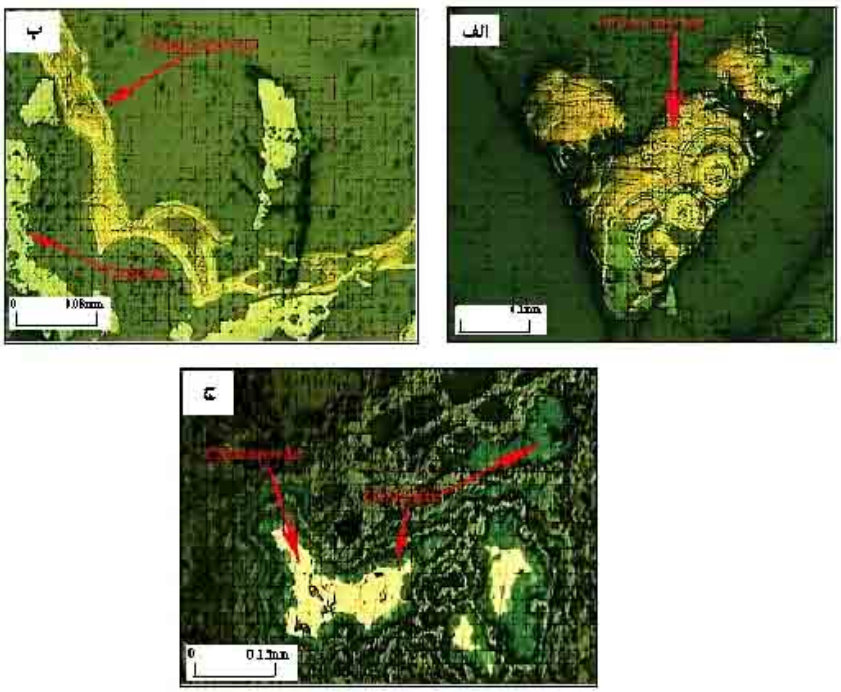

**شکل ۱۴** بافتهای میکروسکوپی مربوط به پیریت. الف و ب ـ روند تبدیل پیریت فرامبوئیدال به پیریت خود شکل طی دیاژنز تأخیری، ج و د ـ پیریت فرامبوئیدال از حاشیه به پیریت خود شکل طی دیاژنز تبدیل می‌شود، ه و و ـ پیریت فرامبوئیدال به صورت میانبار در اسفالریت و گالن، ز و ح ـ پیریتهای فرامبوئیدال در گالن و اسفالریت.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]




**شکل ۱۵** رشد همزمان پیریت و مارکاسیت ویژه کانسارهای لایه‌ای (Startiform). پیریت فرامبوئیدال در متنی از مواد آلی. نواربندی ظریف لایه از کانیهای سولفیدی، شامل اسفالریت و گالن. در این نمونه و نیز، چین‌های دیاژنتیک دیده می‌شود.

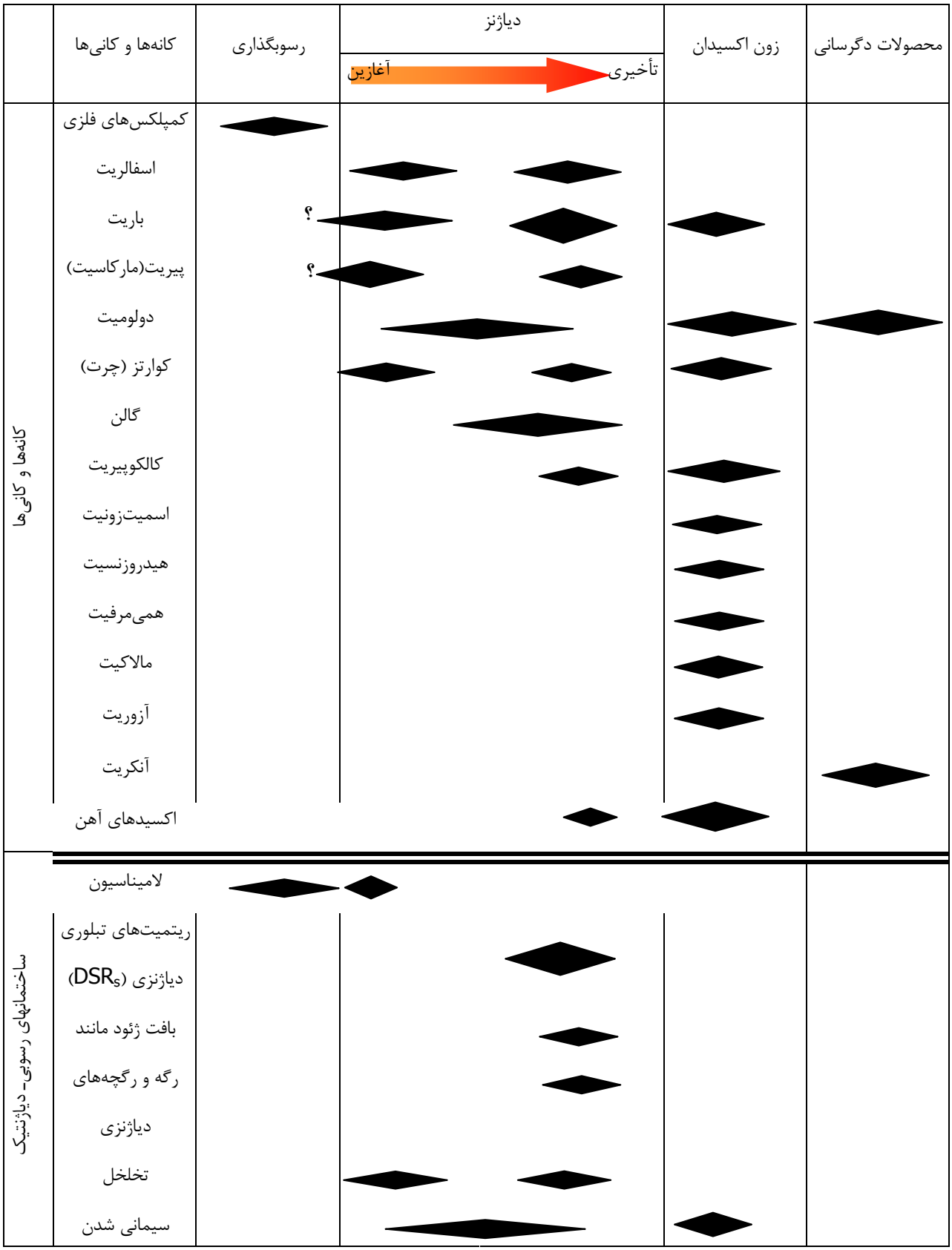
**شکل ۱۶** چین‌خوردگی دیاژنتیک در بخش سولفیدی کانسار مهدی‌آباد که متشکل از کانی پیریت است. مسئله فوق نشان دهنده وجود سولفید قبل از چین خوردگی است. همچنین یک شکستگی با جابجایی راست‌بر را می‌توان مشاهده کرد.




**شکل ۱۷** بافت کالکوپیریت در کانسار مهدی‌آباد. الف ـ بافت کوکاد در کالکوپیریت در میان تیغه‌های باریت، ب ـ بافت آهنگین کالکوپیریت، ج ـ بافت جانشینی کالکوپیریت با کوولین.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]

**جدول ۱** توالی تبلور پاراژنتیک احتمالی کانه‌ها و کانی‌ها در افق‌های کانه‌دار کانسار مهدی‌آباد.




[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]

**بحث و برداشت**

با توجه به بررسیهایی که بر روی کانسار روی - سرب مهدی-آباد، چه در نمونه‌های دستی و چه در نمونه‌های میکروسکوپی، صورت گرفته است، می‌توان مراحل مختلفی از کانی‌زایی در این کانسار تشخیص داد که شواهد زیر رخداد چنین ساز و کاری را تأیید می‌کنند:

۱-به نظر می‌رسد که دگرسانی آنکریتی در بخشی از سازند تفت مقدم بر برشی شدن سنگ میزبان و کانی‌زایی سولفیدی در کانسار مهدی‌آباد است. کاهش حجمی که طی دگرسانی آنکریتی به وجود می‌آید تقریباً ۶٪ است که می‌تواند باعث به وجود آمدن فضای مناسب (حفره و غار) شود که مجرای مناسبی برای گذر آبگونهای سولفیدی و نهایتاً ته نشستی این محلول‌هاست.

۲-ترکیب زون اکسیدان مهدی‌آباد به طور معمول شامل هیدروزنسیت، اسمیت‌زونیت، همی‌مرفیت و سروزیت است که در حفره‌های، سطوح شکستگی، رگه‌ها و نیز در بافت‌های لانه زنبوری این کلاهک آهنی شکل گرفته‌اند.

۳-معمولاً یک منطقهٔ مخلوط از کانیهای سولفیدی و اکسیدی به ضخامت ۱۰-۵ متر درست در بالای افق سولفیدی کانسار مهدی‌آباد قرار دارد. این منطقه (مخلوط) شامل بقایای سولفیدی در کلاهک آهنی است که دارای کانیهای اکسیدی روی است و در سطوح حفره‌ها و سطوح شکستگی تشکیل گردیده‌اند.

۴-نوع کانی‌زایی در کانسار مهدی‌آباد دارای ویژگیهای همزاد (Syngenetic) و دیرزاد (Epigenetic) است. از سرشتیهای همزادی می‌توان به وجود پیریت فرامبوئیدال، چه در نمونهٔ دستی و چه نمونهٔ میکروسکوپیکی، همچنین می‌توان به همرشدی پیریت و مارکاسیت و نیز مشاهدهٔ بافت‌های دیاژنتیکی که از سرشتیهای کانسارهای چینه‌سان است، اشاره کرد. از سرشتیهای دیرزادی می‌توان به بافتهای ویژهٔ این نوع کانی‌زایی مانند برشهای حاصل از زمین ساختی، برشهای ریزشی، بافت رگه‌ای به صورت پرکنندهٔ فضای خالی اشاره کرد. در مرحلهٔ اول کانی‌زایی که همزمان با ته نشین شدن ته نشستها بوده است، با کوهزایی لارامید همزمان بوده است. در مرحلهٔ دوم یا کانی‌زایی دیرزاد با بالاآمدگی (Uplifting) حوضهٔ ته نشستی همراه با عملکرد آبهای فسیلی و آبهای جوی بوده است، و در نهایت کانی‌زایی دیرزاد را در کانسار مهدی‌آباد می‌توان تشخیص داد.

۵-حضور بافت کلوفرم سولفیدی کانیهای اسفالریت، گالن همراه با باریت فراوان به صورت پرکنندهٔ فضای خالی نشان دهندهٔ این است که کانی‌زایی و برشی شدن سری‌های دولومیتی سازند تفت از نظر زمانی متفاوت از یکدیگر بوده است. از سوی دیگر نواری و آهنگین بودن رگه‌های کلوفرم حاکی از حرکت آرام آبگونهای کانی‌دار و ته نشینی آرام و نواری این آبگونها در فضاهای مناسب است.

۶-وجود قطعات سولفیدی در رگه‌ها و برش‌های زمین ساختیهٔ نشان دهندهٔ مراحل مختلف و تقدم و تأخّر کانی‌زایی است که بدون ارتباط با زمین ساختی کانسار مهدی‌آباد نیست.

۷-زمینهٔ (Matrix) برشهای کانسار مهدی‌آباد شامل سولفیدهای ریز دانه شدید است که کانی شناسی آن عبارت است از اسفالریت فقیر از آهن، گالن و به طور جزئی کالکوپیریت است.

**تشکر و قدردانی**

بدینوسیله بر خود لازم می‌دانیم از معاونت پژوهشی و سرپرست محترم پژوهشکدهٔ علوم زمین جناب آقای دکتر قرشی و جناب آقای دکتر ابراهیم راستاد عضو محترم هیئت علمی دانشگاه تربیت مدرس تهران به خاطر مشاورهٔ علمی ایشان، سپاسگزاری شود. همچنین از مسئولان، کارشناسان و کارکنان محترم شرکتهای روی مهدی‌آباد، مهندسی ایتوک ایران و Union Capital استرالیا که در فراهم آوردن امکانات و تجهیزات صحرایی و اسکان یاری رسانمان بوده‌اند، تشکر و قدردانی کنیم.

**مراجع**

[۱] نبوی، م.ح.، *"دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی ایران"*، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور ، ۱۳۵۵.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]

[2] Chapple K G, Gahsemi M, "The Mehdiabad zinc deposit – A Tethyan Giant", Union Capital Internal Report, 55p. 2005.

[۳] قاسمی م.، *"نحوه تشکیل کانسار روی- سرب مهدی‌آباد یزد و مقایسه آن با دیگر کانسارهای سرب و روی کرتاسه اطراف مهدی‌آباد"*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۳۸ صفحه، ۱۳۸۵.

[۴] باباخانی ع.، صمیمی م.، حاج ملاعلی، *"مطالعات زمین-شناسی کانسار مهدی‌آباد"*، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۶۷.

[5] BRGM, *"Mehdiabad lead-zinc deposit pre-feasibility study. Geological assessment report N1392"*, May 1994, BRGM Department Exploration BP 600945060 Orleans Cedex, France.

[۶] قاسمی م.، مؤمن‌زاده م.، یعقوب‌پور ع.، *"هیدروژئولوژی در کانسار روی- سرب مهدی‌آباد یزد"*، اولین همایش زمین‌شناسی کاربردی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، ۱۳۸۶.

[۷] قاسمی م.، *"بررسی پدیده دولومیتیزاسیون و حفرات کارستی در سازندهای کربناته کانسار روی- سرب مهدی‌آباد یزد"*، سمینار درسی دوره کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۴.

[۸] قاسمی م.، مؤمن‌زاده م، یعقوب‌پور ع.، *"مطالعه زمین-شناسی، کانی‌شناسی و کانی‌های همراه در کانسار روی- سرب مهدی‌آباد یزد"*، چهاردهمین همایش انجمن کانی‌شناسی و بلورشناسی ایران، دانشگاه بیرجند، ۱۳۸۵.

[9] Rastad E., Geological, Mineralogical and ore facies investigation on the lower Cretaceous stratabound Zn-Pb-(Ba-Cu) deposits of the Irankuh mountain range, Esfahan, west central Iran, Ph.D thesis, Univ Heidelberg, 334 p. 1981.

[10] Zenger D.H., *"Burial dolomite in the Lost Burro Formation(Devonian)"*, east-central California, and the significance of late diagenetic dolomitization: Geology., v.11., p. 519-522. 1983.

[11] Momenzadeh M., *"Stratabound lead-zinc ores in the lower Cretaceous and Jurassic sediments in the Malayer-Esfahan district (west central Iran)"*, Lithology, Metal content, Zonation and Genesis, Ph.D thesis, Univ Heidelberg, 300p. 1976.

[۱۲] قاسمی م.، *"کانسارهای سرب و روی در ایران"*، سمینار درسی کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین-شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۳۸۴.

[۱۳] قاسمی م.، مؤمن‌زاده م، یعقوب‌پور ع.، *"تقسیم بندی کانسار روی مهدی‌آباد بر اساس مطالعات کانی شناسی"*، بیست و پنجمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ۱۳۸۵.

[14] Ramdohr p., *"The ore minerals and their intergrowths"*, pergamon press, vol 1 & 2, 1980.

[15] Sangster D.F., *"Mississippi Valley-type and sedex lead-zinc deposits: a comparative examination: Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy"*, B99, p. 21-42,1990.

[16] Yaghubpur A., Mehrabi B., *"Kushk zinc-lead deposit a typical black-shale-hosted deposit in Yazd state"*, Iran: Journal science of the Islamic Republic of Iran, Volume 8, No 2, p. 117-126. 1997.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-23 ]