

رخساره‌های کانسنکی، افق‌های کانه‌دار و الگوی تشکیل کانسار رسوبی-بروندمی (SEDEX) روی-سرب گل‌زرد، استان لرستان

هاجر غفله مرعزی^۱، فردین موسیوند^۲ و علیرضا زراسوندی^۳

^۱کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

^۲استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود، شاهرود، ایران

^۳استاد، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۹

چکیده

کانسار روی-سرب گل‌زرد در کمربند فلززایی ملایر-اصفهان، در پهنه سندانج-سیرجان در شمال‌خاور شهر الیگودرز استان لرستان واقع شده است. کانه‌زایی در دو افق چینه‌شناسی کانه‌دار در سنگ‌های شیل و ماسه‌سنگ دگرگون‌شده ژوراسیک رخ داده است. دو رخساره کانسنک در پیکره‌های معدنی کانسار تشخیص داده شد که عبارتند از: (۱) رخساره رگه-رگچه‌ای یا استرینگر (Stringer) و (۲) رخساره لایه‌ای (Bedded). پاراژنز کانی‌ها در کانسنک شامل کانی‌های اولیه پیریت، اسفالریت، گالن و کالکوپریت و کانی‌های ثانویه سروزیت، اسمیت‌زونیت، آزوریت، مالاکیت بوده و کانی‌های باطله بیشتر شامل کوارتز، کلریت، کلسیت و کانی‌های رسی می‌باشد. در کانسار گل‌زرد پهنه‌بندی فلزی و کانی‌شناسی نیز دیده می‌شود. انواع دگرسانی‌ها در کانسار گل‌زرد به ترتیب از مرکز به سمت کناره‌ها عمده‌تاً شامل سیلیسی-کربناتی و کلریتی بوده که پهنه‌بندی واضحی دارند. براساس مطالعات ساخت و بافت، کانی‌شناسی، رخساره‌های کانه‌دار، پهنه‌بندی دگرسانی و ویژگی‌های ژئوشیمیایی، کانی‌زایی روی-سرب در محدوده معدنی گل‌زرد از نوع رسوبی-بروندمی (SEDEX) تیپ سیلوان (Selwyn) است که بعداً در اثر فاز کوهزایی سیمین پسین و فاز کوهزایی لارامید دچار دگرشکلی و دگرگونی در حد رخساره شیبست سبز شده است.

کلیدواژه‌ها: رسوبی-بروندمی، گل‌زرد، روی-سرب، پهنه سندانج-سیرجان.

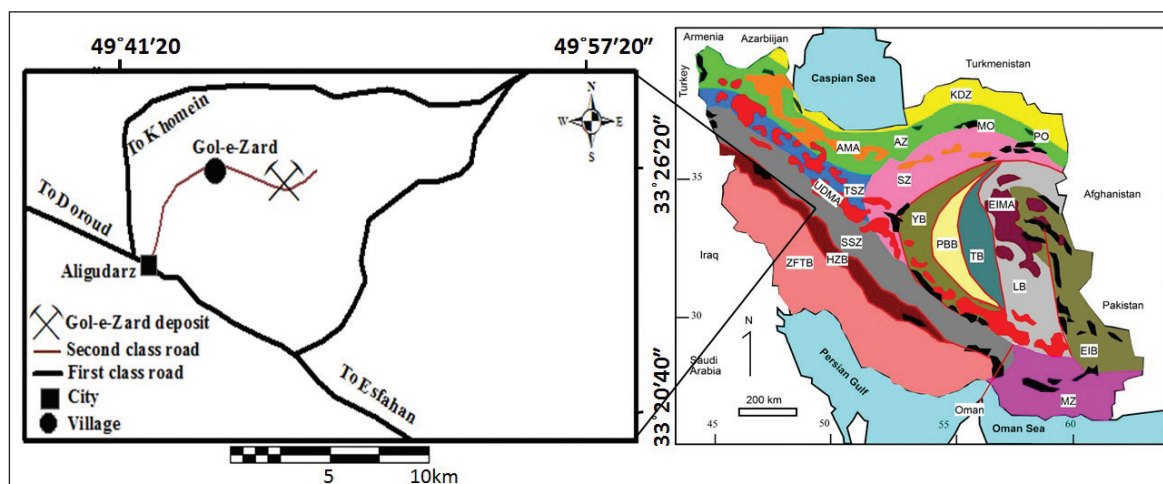
*نویسنده مسئول: فردین موسیوند

E-mail: mousivand@shahroodut.ac.ir

۱-پیش‌نوشتار

رسوبی-بروندمی (SEDEX) معرفی شده است، اما در مورد تشخیص و تفکیک رخساره‌های کانسنک و افق‌های کانه‌دار آن هیچ‌گونه مطالعه‌ای صورت نگرفته و شواهد کافی ارائه نشده است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی و معرفی افق‌های کانه‌دار، رخساره‌های کانسنک، اثرات دگرگونی و دگرشکلی بر کانه‌زایی و پهنه‌بندی دگرسانی و عنصری در کانسار و ارائه مدل تشکیل و تیپ کانه‌زایی می‌باشد.

کانسار روی-سرب گل‌زرد در ۱۰ کیلومتری شمال‌خاور الیگودرز، استان لرستان، در پهنه سندانج-سیرجان و در کمربند اصفهان-ملایر جای دارد (شکل ۱). تاکنون مطالعات متعددی بر روی این کانسار انجام گرفته است (فرهادی نژاد، ۱۳۷۷؛ صامتی و همکاران، ۱۳۹۰؛ صامتی، ۱۳۹۱). فرهادی نژاد و همکاران (۱۳۷۷) کانه زایی گل‌زرد را از نوع لایزال (Laiswall) دانسته‌اند. هرچند که این کانسار توسط Zarasvandi et al. (2014) صرفاً براساس نوع سنگ میزبان به عنوان کانه‌زایی نوع



شکل ۱- نقشه‌های دسترسی به کانسار روی-سرب گل‌زرد و موقعیت آن در پهنه سندانج-سیرجان (SSZ) (نقشه ایران براساس آقابات، ۱۳۸۳).

۲- زمین‌شناسی، سن و جایگاه زمین‌ساختی تشکیل سنگ‌های میزبان

و همراہ

به طور کلی، مهم ترین واحدهای سنگی مشاهده شده در محدوده مورد مطالعه بر اساس ترتیب سنی به قرار زیر می باشد: (شکل ۲)

۱ - شیل و ماسه سنگ دگرگون شده در حد رخساره شیت سبز به سن اواخر تریاس - ژوراسیک میانه.

۲- توده نفوذی گرانیتویدی الیگودرز و هورنفلس های مرتبط با آن (ژوراسیک میانه) (با سن حدود ۱۶۵-۱۷۲ میلیون سال).

توده نفوذی برونزد یافته در مجاورت منطقه معدنی گل‌زرد، با نام توده نفوذی الیگودرز، در سمت جنوب باختری کانسار مورد مطالعه واقع شده است (شکل ۲). سن توده نفوذی الیگودرز توسط (Esna-Ashari et al., 2012)، با روش ژئوکرونولوژی U-Pb بر روی زیرکن، ژوراسیک میانی (۱۶۵ تا ۱۷۲ میلیون سال قبل) تعیین شده و براساس فراوانی‌های کانی‌های نرماتو در این توده نفوذی، نوع سنگ‌های آن از نوع گرانیت، گرانودیوریت و کوارتز دیوریت معرفی شده است. به اعتقاد صادقیان و شکاری (۱۳۹۴) این توده نفوذی در یک محیط کمان آتشفشانی تشکیل شده است. بنابراین می‌توان گفت محیط تشکیل کانسار گل زرد یک محیط رسوبی (آتشفشانی) درون کمان بوده است.

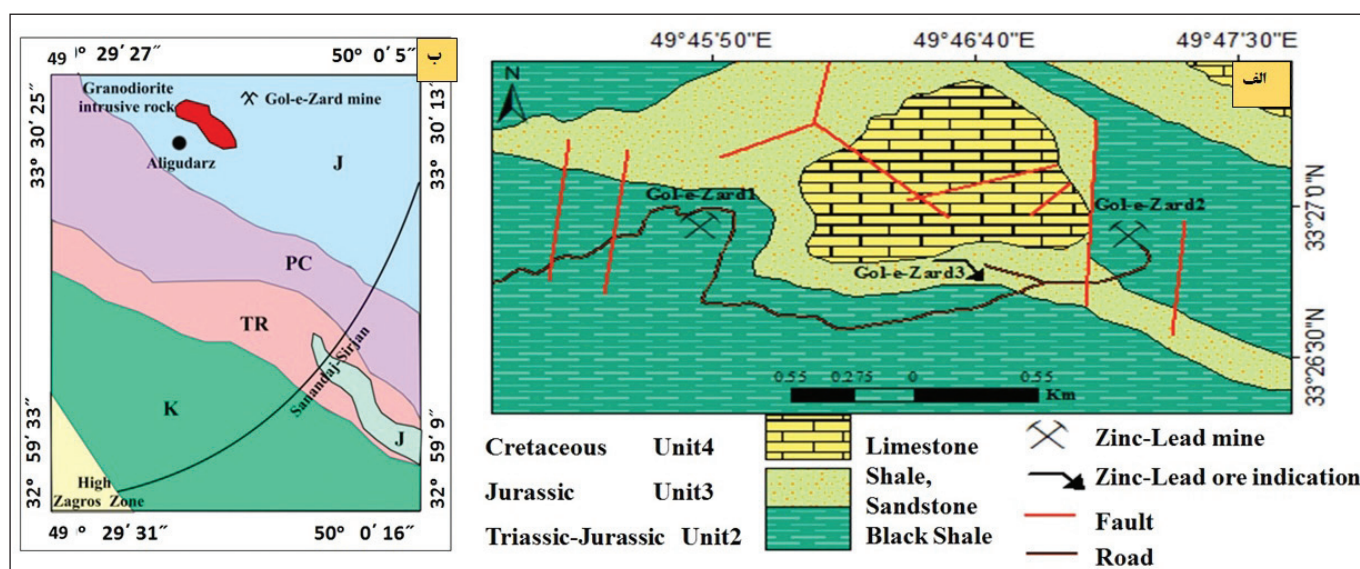
واحدهای رسوبی (آتشفشانی) رخمون یافته در منطقه معدنی، محدود به تریاس- ژوراسیک است که در ژوراسیک میانی- بالایی دچار دگرگونی ضعیف در حد رخساره شیت سبز شده اند. این واحدهای سنگی، برحسب جایگاه چینه شناسی و تغییرات ترکیب سنگ شناسی، از پایین به بالا، به چهار واحد اصلی (Unit1, Unit2, Unit3 و Unit4) قابل تقسیم می باشند (شکل ۳):

– واحد ۱ (Unit1): پایین ترین واحد سنگی که در جنوب محدوده گل زردرخمنون دارد، شامل متاولکانیک، شیل و سنگ آهک دگرگون شده به سن تریاس

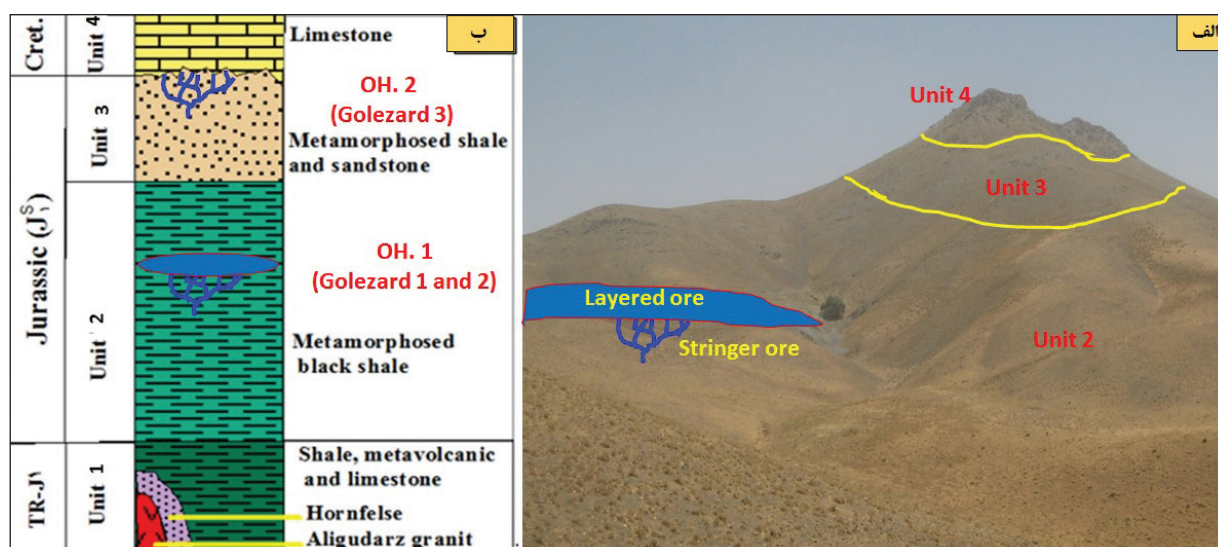
۳- افق‌های کانه‌زایی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت و رخساره‌های

کافینگی

در محدوده گل‌زرد، از پایین به بالا دو اقی کانه‌دار OH-1 و OH-2 وجود دارد که اقی اول کانه دار (OH-1) شامل کنسارهای گل‌زرد ۱ و ۲ اقی کانه‌دار دوم (OH-2) اندیس گل‌زرد ۳ را شامل می‌شود (شکل ۳).



شکل ۲- الف) موقعیت کانه‌زایی‌های روی-سرب گل‌زرد در واحدهای سنگ‌شناسی منطقه. ب) موقعیت کانسار گل‌زرد و توده گرانیتویدی در نقشه ساده و تصحیح‌شده ۱:۱۰۰۰۰۰ الیگودرز (سهر و همکاران، ۱۳۷۱). K= کراتاسه، TR= تریاس، PC= پر کامیون-یالئوزوسک، I= ژوراسک.



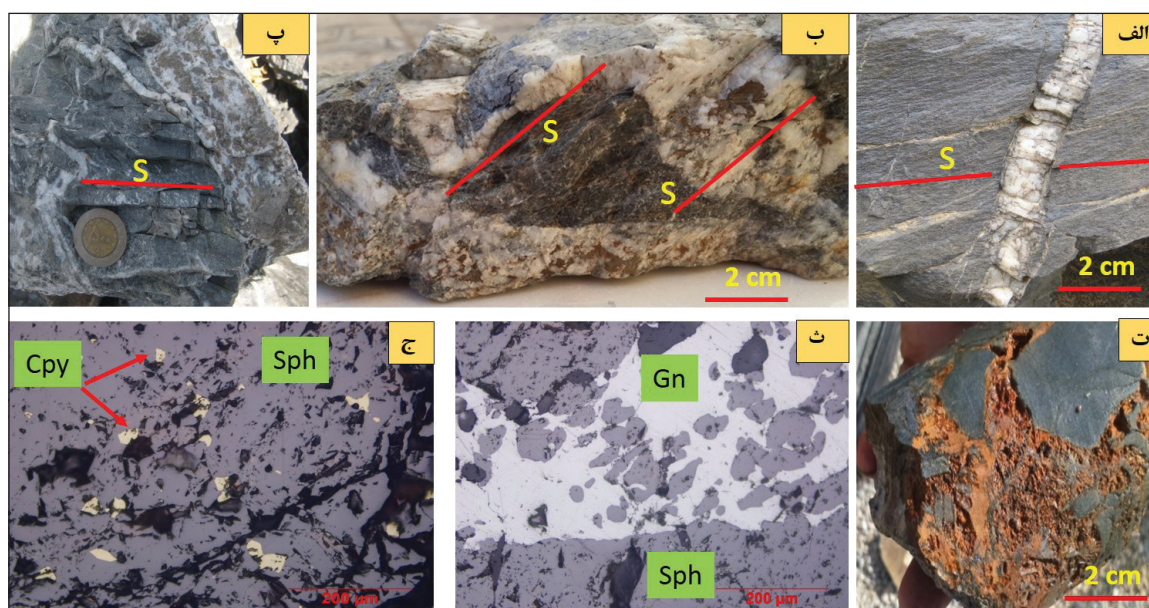
شکل ۳- الف) تصویری از منطقه معدنی گل زرد و واحدهای سنگ شناسی منطقه (دید به سمت خاور) و موقعیت افق اول کانه دار، ب) ستون چینه شناسی محدوده معدنی گل زرد و افق های کانه دار آن

۳-۱. افق اول کانه زایی

افق اول کانه زایی در بخش زیرین توالی چینه ای ژوراسیک میانی (Unit 2)، در شیل های سیاه دگرگون شده و متاسیلستون تشکیل شده است. در این افق، کانسارهای گل زرد ۱ و گل زرد ۲ قرار گرفته اند. واحد ۲ سنگ شناسی (Unit 2) از لحاظ اقتصادی بسیار باارزش است و حفاری های صورت گرفته در این واحد و دستیابی به کانسنگ هایی با ابعاد گسترده، این امر را به اثبات رسانده است.

– **کانسار گل زرد ۱ و رخساره های کانه دار آن:** کانسار گل زرد ۱، به عنوان یک معدن فعال و در حال استخراج، به طور عمده حاوی کانه های اسفالریت، گالن، کالکوپریت و پیریت است. کانه زایی در کانسار گل زرد ۱، براساس ساخت و بافت، کانی شناسی و نوع ارتباط کانسنگ با سنگ میزبان از پایین به بالا به دو رخساره متفاوت قابل تقسیم است: الف) رخساره کانسنگ رگه- رگچه ای؛ ب) رخساره کانسنگ لایه ای.

• **رخساره رگه- رگچه ای:** رخساره رگه- رگچه ای در بخش باختری کانسار و در شیل های سیاه کمربین دیده می شود. این رگه- رگچه های سیلیسی، سنگ میزبان را در جهات مختلف قطع کرده اند. این ساخت، به صورت چشمگیر در محدوده مطالعاتی گل زرد دیده می شود. در نمونه های برداشت شده از این رخساره، اکثر رگه های کوآرتزی از نوع اولیه (نوع استرینگر یا پهنه تغذیه کننده) بوده و غالباً حاوی سولفیدهای فلزات پایه می باشند که بعد از تشکیل کانسار دچار دگرگونی و دگرشکلی و حتی برگوارگی شده و گاهی به صورت همروند با لایه بندی قرار گرفته اند. بیشتر سولفیدهای همراه با این رخساره، تحت تأثیر اکسیدشدگی قرار گرفته اند. نوع دیگری از رگه ها وجود دارد که در این تحقیق تحت عنوان رگه های دگرگونی یا تکنونیک از آنها یاد می شود. این رگه ها غالباً فاقد کانه زایی می باشند و بعد از تشکیل کانسار، در اثر فعالیت های تکنونیک حاکم بر منطقه، تشکیل شده اند (شکل ۴).



شکل ۴- انواع رگه- رگچه های کانسار گل زرد ۱: الف) رگه های دگرگونی فاقد کانه زایی که برگوارگی (S) را قطع کرده اند، ب و پ) رگه های استرینگر که در اثر دگرگونی و دگرشکلی دچار برگوارگی و چین خوردگی شده اند، ت) ساخت برشی در سنگ های شدیداً کلریتی کمربین با زمینه مواد معدنی که بعداً دچار هوازدگی و سوپروژن شده اند، ث، ج) رخدادهای گالن (Gn) و کالکوپریت (Cpy) همراه با اسفالریت (Sph) در پهنه استرینگر.

• **رخساره لایه ای:** در رخساره کانستنگ لایه ای (چینه سان) تناوب لایه ها و عدسی های پیریتی و نیز اسفالریت های توده ای و لایه ای با سنگ میزبان شیلی دیده می شوند که شواهد دگرشکلی در آنها آشکار است (شکل ۵).

– **کانسار گل زرد ۲ و رخساره های کانه دار آن:** کانسار گل زرد ۲ نیز به عنوان یک معدن فعال، در حال بهره برداری می باشد که براساس حفاری هایی که در کانسار گل زرد ۲ صورت گرفته و مطالعه گمانه های برداشت شده از کانسار، مشخص شد که گالن و پیریت مشخص ترین کانه های پهنه هیوژن می باشند. همچنین بر اساس نتایج حاصل از آنالیز XRD، اسمیت زونیت و سروزیت نیز کانه های اصلی پهنه سوپرژن هستند. در کانسار گل زرد ۲، عدسی های آهنی دگرگون و متبلور شده نیز در داخل واحدهای شیلی دگرگون شده قابل مشاهده است.

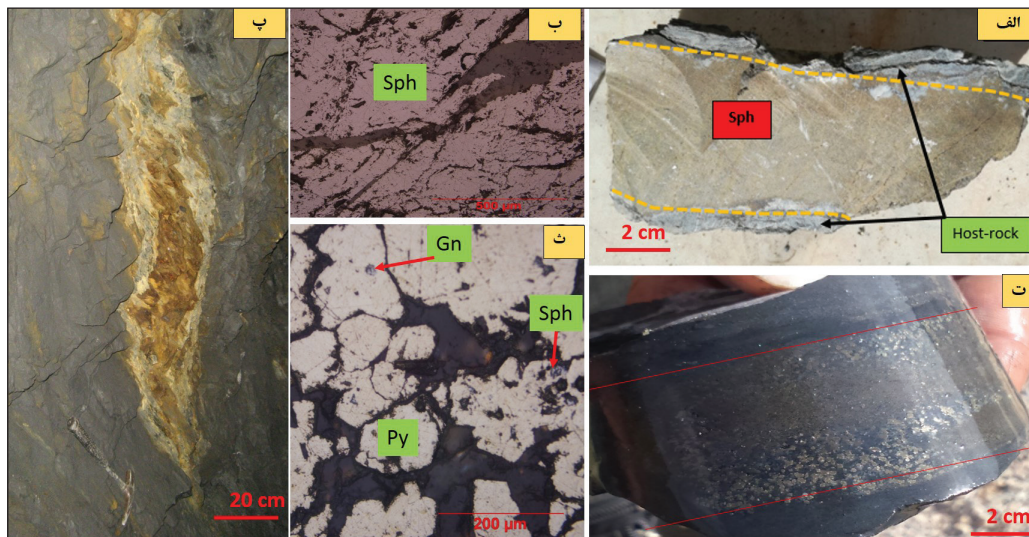
کانسار گل زرد ۲، علاوه بر رخساره استرینگر و رخساره لایه ای، دارای رخساره برشی می باشد که البته رخساره برشی از وسعت بسیار کمی برخوردار است و تنها در بعضی از گمانه ها دیده می شود. رخساره استرینگر در این کانسار بیشترین گسترش را

دارد و به طور عمده حاوی رگه های سیلیسی- کربناتی سولفیددار است.

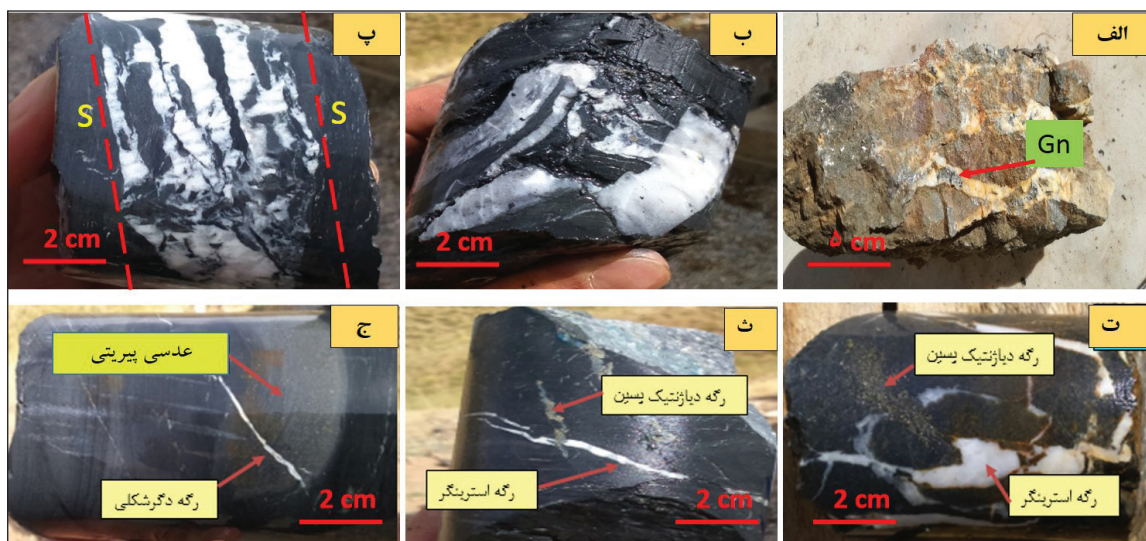
• **رخساره رگه- رگچه ای- برشی:** رگه- رگچه های کوارتزی و کربناتی در کانسار گل زرد ۲، غالباً همراه با کانه زایی می باشند. بر اساس مطالعاتی که بر روی مغزه های حفاری صورت گرفته است، سه نوع رگه در کانسار گل زرد ۲ دیده می شود:

(الف) رگه- رگچه های کوارتزی- کربناتی استرینگر که همراه با کانه زایی هستند. در بالای این رخساره، بخش کانستنگ برشی دیده می شود که در آن زمینه سنگ میزبان برشی توسط مواد معدنی پر شده و در این قسمت دگرسانی کلریتی شدید دیده می شود. (ب) رگچه های دیاژنتیک تأخیری (Late diagenetic) که بعد از تشکیل کانسار در اثر نیروی ناشی از وزن طبقات رسوبات بالایی تشکیل شده اند. رگه های دیاژنتیک ثانویه، رگه هایی هستند که یا کاملاً پیریتی هستند و یا سیلیسی- کربناتی- سولفیدی می باشند و لایه ها و عدسی های پیریتی را قطع می نمایند.

(ج) رگه های دگرشکلی که در اثر فعالیت های تکتونیکی بعد از تشکیل کانسار ایجاد شده و نوارهای پیریتی دیاژنتیک اولیه را قطع نموده اند (شکل ۶).



شکل ۵- الف) نمونه دستی اسفالریت توده ای در سنگ میزبان شیلی رخساره لایه ای، ب) اسفالریت (Sph) در کانستنگ توده ای لایه ای، پ) عدسی غنی از پیریت در رخساره لایه ای در دیواره تونل های کانسار گل زرد ۱، ت) پیریت لایه ای در نمونه دستی، ث) تصویر میکروسکوپی از کانی های مختلف شامل پیریت (Py)، گالن (Gn) و اسفالریت (Sph) در عدسی پیریتی.



شکل ۶- انواع رگه- رگچه های کانسار گل زرد ۲ الف) رگه های استرینگر حاوی ماده معدنی، ب) رگه های استرینگر چین خورده در اثر فرایندهای دگرگونی و دگرشکلی، پ) رگه استرینگر که به زور در جهت برگواگی (S) سنگ میزبان قرار گرفته و آثار خردشدگی و برشی شدن در آن دیده می شود، ت و ث) رگه دیاژنتیک ثانویه کاملاً پیریتی قطع کننده رگه استرینگر، ج) رگه دگرشکلی حاوی مقداری پیریت قطع کننده عدسی پیریتی همزمان با رسوب گذاری تا دیاژنتیک اولیه.

و تحرک مجدد (remobilization) عناصر کانه ساز می باشد (Vokes, 2000a, b). فرایند تبلور مجدد باعث ایجاد تغییر در شکل و اندازه دانه ها و در نتیجه ایجاد بافت الحاق سه گانه شده است که بیشتر در کانی پیریت نمود دارد (شکل ۸). فرایند دگرشکلی، به دو صورت دگرشکلی شکننده (brittle) و دگرشکلی پلاستیک (ductile) مشاهده می شود که اولی باعث ایجاد فابریک های بودیناژ و کاتا کلاستیک و دومی موجب ایجاد بافت ریز چین خوردگی (crenulation) شده است (شکل ۸). فرایند تحرک مجدد، در حالت جامد (solid-state) موجب تحرک مجدد کانی های نرم مثل کالکوپیریت به داخل شکستگی های کانی های سخت مثل پیریت گردیده است (شکل ۸) و تحرک مجدد حالت مایع (liquid-state) باعث ایجاد یک سری رگه ها و عدسی های کوارتزی کانه دار شده است که در نتیجه حرکت سیالات دگرگونی و تحرک مجدد عناصر کانه ساز در فضاهایی مثل امتداد برگوارگی و نیز موازی سطوح محوری چین ها، جایگزین شده اند. به طور کلی، فرایندهای ذکر شده برخی از بافت های اولیه (مثل فرامبوئیدال) را محو یا تغییر داده است به طوری که آنچه که امروز دیده می شود مجموعه ای از بافت های اولیه تغییر شکل یافته و بافت های حاصل از فرایند دگرگونی و دگرشکلی می باشد.

بر اساس مشاهدات میکروسکوپی، به طور کلی چند نسل از هر کانی دیده می شود. به عنوان مثال، پیریت به صورت چهار نسل شامل همزمان با رسوب گذاری (نسل اول)، دیاژنتیک آغازین (نسل دوم)، دیاژنتیک تأخیری (نسل سوم) و دگرگونی (نسل چهارم) دیده می شود. نسل دوم کانی های کوارتز، کلریت، گالن، اسفالریت و کالکوپیریت نیز محصول دگرگونی می باشند. بعد از بررسی و مطالعه نسل های مختلف کانی ها و فرایندهای صورت گرفته در کانسارهای منطقه معدنی گل زرد، توالی پاراژنتیک کانی ها و ساخت و بافت های مربوطه به صورت شکل ۹ ترسیم و ارائه گردیده است.

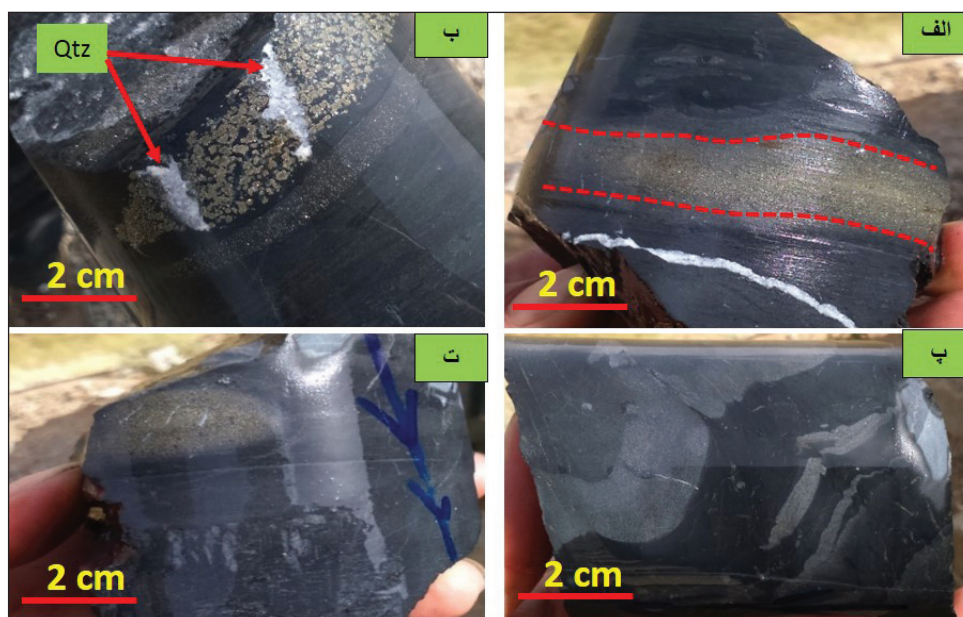
• **رخساره لایه ای:** ساخت لایه ای در کانسار گل زرد ۲ تنها در مغزه های حفاری قابل مشاهده است. طبق بررسی های انجام شده بر روی مغزه ها، پیریت های لایه ای نسل ۱، به صورت لایینه ها یا عدسی هایی به قطر چند میلی متر تا چند سانتی متر، در توالی سنگ میزبان شیلی و به صورت هم روند با لایه بندی تشکیل شده اند. از جمله بافت های همزمان با رسوب گذاری تا دیاژنتیک اولیه (Early diagenetic)، نوارها یا عدسی های سرشار از پیریت هستند که در آنها آثار دگرشکلی مشاهده می شود (شکل های ۷-الف، ب و پ). به نظر می رسد این عدسی ها در ابتدا به صورت همزمان با رسوب گذاری (Syn-sedimentary) تشکیل شده و سپس دچار فرایند دیاژنز و دگرگونی و دگرشکلی شده اند. البته گاهی عدسی های پیریتی نیز دیده می شود که به صورت فضای خالی پرکن (Open-space filling) تشکیل شده اند به طوریکه به سمت مرکز عدسی، بلورهای پیریت دانه درشت تر می باشند (شکل ۷-ت).

۳-۲. افق دوم کانه زایی (OH-2)

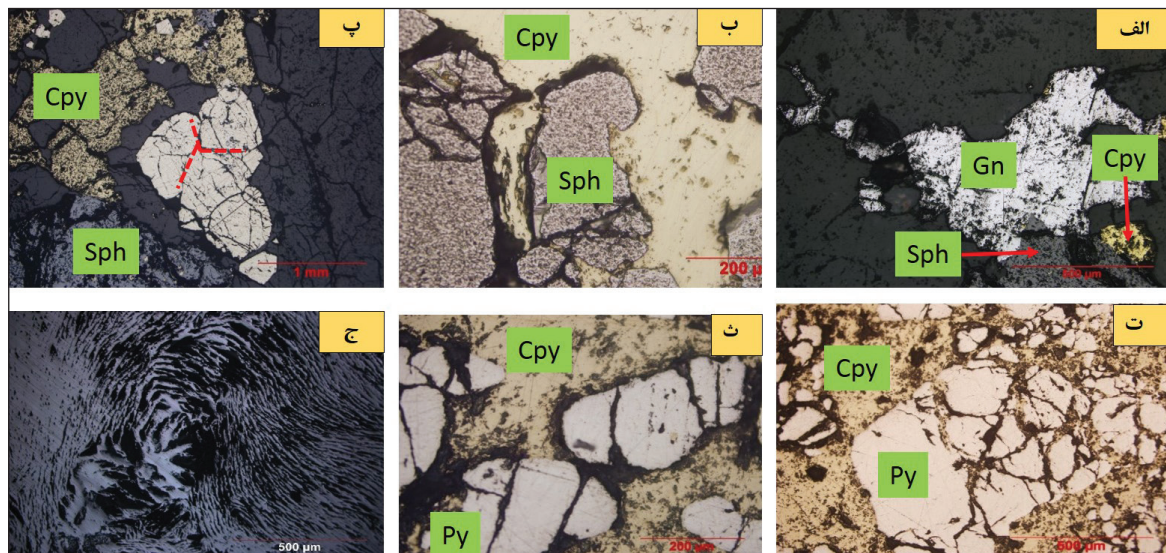
این افق کانه دار که در بالاترین بخش توالی چینه ای سنگ میزبان (Unit 2) رخ داده است، اندیس گل زرد ۳ را شامل می شود که به صورت رگه-رگچه های سیلیسی-سولفیدی دگرگون و دگرشکل شده در داخل ماسه سنگ های ریزدانه دگرگون شده (اسلیت و متاسلیت استون) می باشد. آهک کرتاسه، بالاترین واحد سنگ شناسی محدوده معدنی گل زرد است که با یک مرز دگرشیبی و گسلی، افق دوم را پوشانده است.

۴- اثرات دگرگونی و دگرشکلی بر کانه زایی

فرایندهای دگرگونی و دگرشکلی موجب ایجاد یک سری تغییرات در ساخت و بافت اولیه ماده معدنی و ایجاد بافت های ثانویه شده است. این بافت های ثانویه محصول عملکرد سه فرایند عمده تبلور مجدد (recrystallization)، دگرشکلی (deformation)



شکل ۷-الف) عدسی پیریتی لایه ای هم روند با لایه بندی در مغزه های حفاری شده در اثر دیاژنز پسین، ب) عدسی پیریتی تشکیل شده در اثر فرایند دیاژنز آغازین که توسط رگه های دگرشکلی کوارتزی قطع شده است، پ) نوارها و لایینه های از پیریت های بسیار ریز که دچار چین خوردگی شده است، ت) عدسی پیریتی فضای خالی پرکن ناشی از فرایند دیاژنتیک پسین.



شکل ۸- الف) بافت هم رشدی گالن (Gn)، اسفالریت (Sph) و کالکوپریت (Cpy) در پهنه استرینگر، ب) بافت جانشینی کالکوپریت به جای پیریت، پ) بافت الحاق سه گانه در پیریت، ت) بافت کاتاکلاستیک در پیریت، ث) فابریک بودیناژ در پیریت، ج) ریزچین خوردگی در گالن.

		Processes		Mineralization		Post- mineralization			
		Mineral		Stringer Ore	Bedded Ore	Diagenesis		Metamorphism and deformation	Weathering and Supergene
						Early	Late		
Minerals	Pyrite								
	Sphalerite								
	Galena								
	Chalcopyrite								
	Quartz								
	Calcite								
	Chlorite								
	Clay minerals								
	Malachite/Azurite								
	Smithsonite								
	Cerussite								
	Fe oxide/hydroxide								
Textures	Laminated								
	Massive								
	Vein-veinlets								
	Brecciated								
	Disseminated								
	Replacement								
	Boudinage								
	Cataclastic								
	Triple junctions								

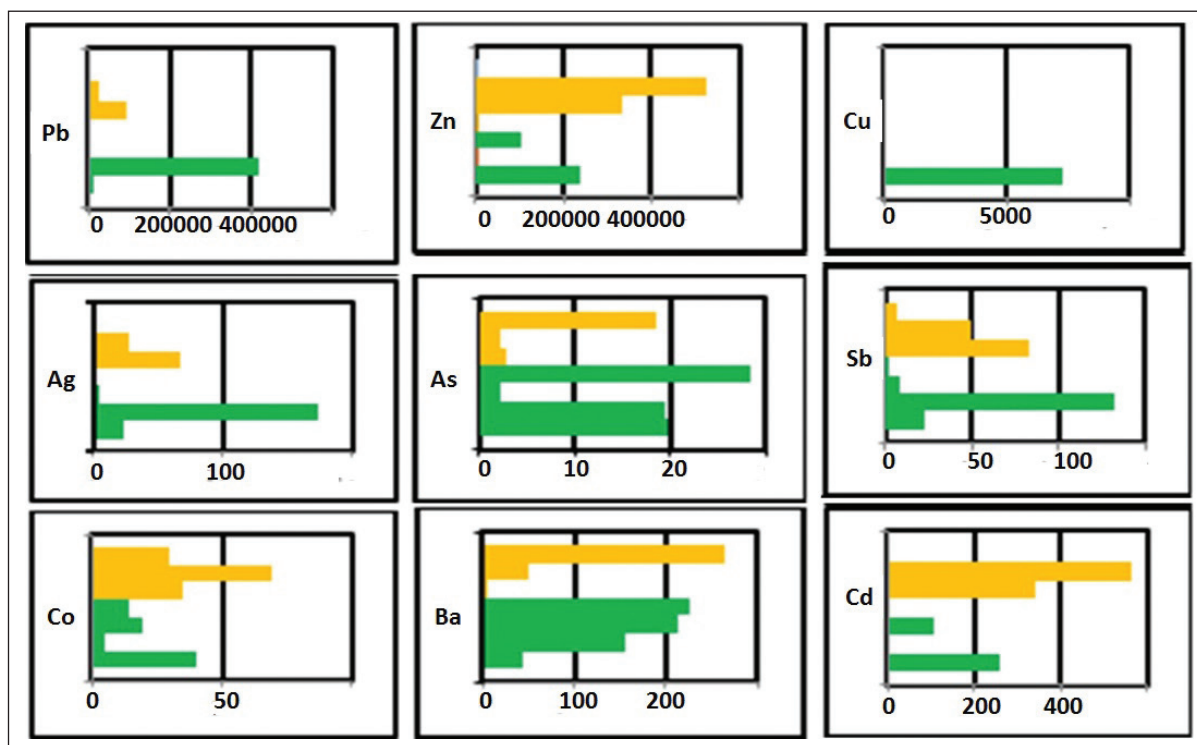
شکل ۹- توالی پاراژنتیک کانی ها در محدوده کانسار روی-سرب گل زرد.

۵- پهنه‌بندی فلزی و ژئوشیمی کانسنگ

بر پایه مطالعات کانی‌شناسی، رخساره لایه‌ای حاوی کانی‌های پیریت، اسفالریت و گالن بوده و در رخساره استرینگر نیز علاوه بر این کانی‌ها کالکوپیریت نیز فراوان است. بنابراین در کانسار گل‌زرد از پایین به بالا میزان سرب و روی نسبت به میزان مس افزایش می‌یابد. در رخساره استرینگر کالکوپیریت جانشین دیگر کانی‌ها به‌ویژه پیریت شده است که نشان‌دهنده هجوم یک سیال داغ غنی از مس به ماده معدنی توده‌ای غنی از پیریت است. این پدیده در کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد و رسوبی-بروندمی بسیار معمول است و به پالایش پهنه‌ای (Zone refining) معروف است (Goodfellow and Lydon, 2005; Gibson et al., 2007). خروج مداوم سیال‌ها، از محل پهنه تغذیه کننده (Feeder Zone)، به دلیل تغییرات دمایی، تفاوت ترکیب شیمیایی و تغییر محتوای فلزات، با پیشرفت کانه‌زایی، موجب رخداد فرایند پالایش (refining process) می‌شود (Goodfellow and Lydon, 2005). طی این فرایند، سیالات گرمایی جدید با لایه‌های تشکیل‌شده از سیال پیشین و نیز با سنگ میزبان واکنش می‌دهند (McIntyre, 1998 and 2005; Lydon, 2005). رخداد پیوسته این واکنش و نیز تزریق مداوم سیال (فرایند پالایش)، موجب به هم ریختگی و برشی شدن سولفیدهای پیشین، تبلور و رشد سولفیدهای اولیه، جانشینی کانی‌های دماباین با سولفیدهای دمابالا و دگرسانی سنگ میزبان می‌شود (Lydon, 1996; Goodfellow, 2004). وقوع این فرایند در کانسار گل‌زرد، همراه با بالا آمدن سیالات گرمایی دمابالا و غنی از Cu، Zn، Pb، موجب جانشینی سولفیدهای پیشین مخصوصاً پیریت توسط کالکوپیریت شده و در کنار آن موجب گسترش دگرسانی‌های سیلیسی-کربناتی و کلریتی شده است.

جهت بررسی پهنه‌بندی فلزی، تغییرات عناصر کمیاب بویژه فلزات پایه در

رخساره‌های کانسنگ مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۱۰). بر طبق این نمودارها، عنصر Zn در رخساره لایه‌ای و عناصر Pb، Ag، Cu در رخساره استرینگر، دارای بالاترین میزان هستند. در شکل ۱۰، مقادیر نمونه‌های مربوط به رخساره استرینگر (۴ نمونه) و نمونه‌های رخساره استرینگر (۳ نمونه) نشان داده شده‌اند. بالا بودن مقادیر Cu در کانسنگ استرینگر نسبت به کانسنگ لایه‌ای، و بالعکس بالا بودن مقادیر Zn در کانسنگ لایه‌ای نسبت به کانسنگ استرینگر از ویژگی‌های جالب کانسار گل‌زرد است که از خصوصیات تیپیک پهنه‌بندی فلزی در کانسارهای SEDEX می‌باشد (Lydon, 1996; Goodfellow and Lydon, 2005) و در کانسارهای رسوبی-بروندمی روی-سرب چاه میر و کوشک یزد هم دیده شده است (رجبی و همکاران، ۱۳۹۰؛ Rajabi et al., 2012, 2014). با دور شدن از محل دهانه خروج سیال (vent) و نزدیک شدن به رخساره لایه‌ای نسبت عنصری Pb/Zn کاهش می‌یابد. نسبت عنصری Zn/Ba نیز با دور شدن از رخساره استرینگر و نزدیک شدن به رخساره لایه‌ای کاهش می‌یابد. این تغییرات عنصری در ارتباط با فاصله گرفتن از محل خروج سیال‌های کانه‌ساز از محل دهانه است (Lydon, 1996; Goodfellow and Lydon, 2005). علی‌رغم مثبت بودن همبستگی میان Cu و Pb، توجه به این نکته مهم است که این دو عنصر همبستگی بسیار ضعیفی را از خود نشان می‌دهند و علت این امر به دلیل وجود انواع رگه‌های استرینگر غنی از کالکوپیریت، غنی از گالن و غنی از اسفالریت می‌تواند باشد. دمای پایداری Cu و Pb متفاوت است و در قسمتی از کانسنگ که غنی از گالن است، کالکوپیریت کمتر به چشم می‌خورد و بالعکس. به علاوه، Zn با Cu در پهنه لایه‌ای همبستگی بسیار کمتری نسبت به پهنه استرینگر دارد زیرا پهنه لایه‌ای فاقد کالکوپیریت است.

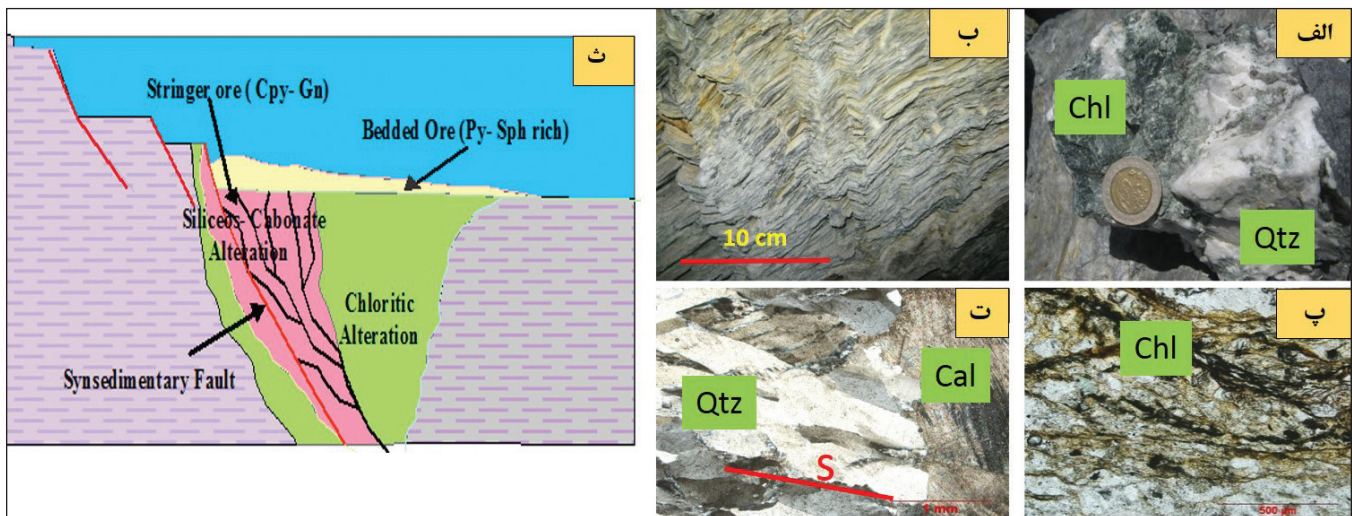


شکل ۱۰- تغییر عناصر کمیاب (برحسب ppm) در رخساره‌های استرینگر (سبز) و لایه‌ای (زرد-نارنجی).

۶- دگرسانی و پهنه بندی آن

اثر دگرگونی و تنش های بعد از تشکیل کانسار، دچار چین خوردگی شده و تبدیل به کلریت شیست شده اند (شکل های ۱۱-ب و پ). کانی کوارتز در پهنه استرینگر نیز دچار دگرشکلی و بر گوارگی شده و کانی کلسیت نیز دچار ماکل فشاری شده است (شکل ۱۱-ت). مدل پهنه بندی دگرسانی در کانسار گل زرد در شکل ۱۱-ث ارائه گردیده است. در این مدل، دگرسانی سیلیسی- کربناتی (و کمی کلریتی)، نزدیک و در محل پهنه تغذیه کننده قرار داشته که با دور شدن از این پهنه، از وسعت و شدت دگرسانی آن کاسته می شود و به شدت دگرسانی کلریتی در اطراف اضافه می شود (شکل ۱۱-ث).

بر اساس مطالعات پتروگرافی و کانی شناسی انجام گرفته در منطقه مورد مطالعه، پهنه های دگرسانی شامل دو نوع کلریتی و سیلیسی- کربناتی بوده که غالباً همراه با رخساره کانستنگ استرینگر دیده می شوند. کانی های کلریت ناشی از دگرسانی درشت بلور بوده و خود دچار فازهای مختلف دگرگونی و دگرشکلی شده اند و فقط در محل کمرباین کانسار دیده می شوند (شکل های ۱۱-الف، ب و پ). اما کانی های کلریت ناشی از دگرگونی دانه ریزتر بوده و به صورت ناحیه ای در سنگ ها دیده می شوند و مختص محل کانه زایی نیستند و چون خود محصول دگرگونی هستند شواهدی از دگرگونی بعدی نشان نمی دهند. سنگ شیلی حاوی دگرسانی کلریتی در



شکل ۱۱- الف) دگرسانی کلریتی (Chl) در مجاورت رگه استرینگر، ب) پهنه دگرسانی کلریتی که در اثر دگرگونی به کلریت شیست تبدیل شده است، پ) تصویر میکروسکوپی کلریت شیست در پهنه استرینگر، ت) کشیدگی کانی کوارتز (Qtz) در جهت بر گوارگی (S) در رگه استرینگر کوارتزی حاوی کلسیت (Cal)، ث) مدل شماتیک رخساره های کانه دار و پهنه بندی دگرسانی در کانسار گل زرد.

۷- الگوی تشکیل و نوع کانی زایی

باشد. در ادامه، با افزایش حرارت زمین گرمایی حاکم بر کافت و وزن رسوبات بالایی، رخداد فرایند دیاژنز موجب خروج شورابه های حوضه ای یا آب درون سازندی از رسوبات گردیده که در نتیجه وجود شار حرارتی، داغ شده و این سیالات گرمایی در بخش های نفوذپذیر توالی پر کننده کافت (واحد ۱ توالی میزان) به گردش درآمده و فلزات را از سنگ های رسوبی و آتشفشانی شستشو می دهند. البته، آب های دریایی فرورو از طریق گسل های نرمال تشکیل شده در کافت نیز ممکن است در این جریان همرفتی همراه با آب درون سازندی در ایجاد سیال گرمایی فلزدار نقش داشته باشند. سیالات کانستنگ ساز از طریق گسل ها یا شکستگی های همزمان با رسوب گذاری که نفوذپذیر هستند به کف دریا راه می یابند (Canet et al., 2003 and 2004; Goodfellow and Lydon, 2005; Chen et al., 2003). وجود شواهدی در کانسار گل زرد همچون وجود بخش رگه -رگچه ای در کمرباین کانستنگ لایه ای، رخداد بخش برشی در پهنه استرینگر، رخداد دگرسانی کلریتی و سیلیسی- کربناتی در کمرباین و حتی رخداد محلی لایه و عدسی آهکی بین لایه ای در توالی میزان -که فقط در محل کانسار گل زرد ۲ دیده می شود و نشانه ای از تغییرات ناگهانی عمق حوضه و رخساره رسوبی است) همگی می تواند نشانه عملکرد گسل های همزمان با رسوب گذاری باشد. مهم ترین عامل صعود سیال کانه ساز و رسیدن به کف دریا، می تواند فعال بودن گسل های همزمان با رسوب گذاری و در نتیجه

بر اساس ویژگی های اساسی کانه زایی روی- سرب در محدوده معدنی گل زرد شامل سنگ میزان غالب شیلی دگرگون شده، رخساره های کانه دار و ساخت و بافت و کانی شناسی آنها، شامل بخش لایه ای غنی از اسفالریت و پیریت و بخش رگه -رگچه ای زیرین غنی از کالکوپریت و گالن، پهنه بندی دگرسانی کمرباین و ویژگی های ژئوشیمیایی این رخساره ها (پهنه بندی عنصری) و مقایسه این ویژگی ها با کانسارهای روی-سرب با میزان رسوبی، می توان اینطور استنباط نمود که این کانی زایی بیشترین شباهت را با کانسارهای روی-سرب نوع رسوبی- بروندمی (SEDEX) (Lydon, 1996; Goodfellow, 2004; Goodfellow and Lydon, 2005; Goodfellow, 2007) دارد.

در شرایط کشتی حاکم بر پهنه سندج- سیرجان در زمان تریاس بالایی- ژوراسیک در محیط تکتونیکی درون کمانی ناشی از فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر ایران مرکزی، محیط های ریفی گسترش پیدا کرده که در مرحله آغازین به طور عمده توسط رسوبات تخریبی و نیز ولکانیک ها (واحد ۱ توالی میزان) پر می شده اند که می تواند معادل توالی پر کننده کافت (Rift fill sequence) در کانسارهای رسوبی- بروندمی (Lydon, 1996) باشد. سپس، این واحد توسط واحدهای ۲، ۳ و ۴ توالی میزان شامل شیل، ماسه سنگ و آهک پوشیده می شود که می تواند معادل توالی پوشاننده کافت (Rift cover sequence) در کانسارهای رسوبی- بروندمی (Lydon, 1996)

زیرین به داخل رخساره لایه‌ای، موجب جانیشینی کانی‌های جدید به جای کانی‌های قبلی می‌شود که به دلیل تغییرات دمایی، تفاوت ترکیب شیمیایی و تغییر محتوای فلزات رخ می‌دهد و به این رخداد، فرایند پالایش پهنه‌ای (Zone refining process) گفته می‌شود (Goodfellow and Lydon, 2005). طی فرایند پالایش پهنه‌ای، سیالات گرمایی جدید با لایه‌های تشکیل شده از سیال قبلی و نیز با سنگ میزبان واکنش می‌دهند (Lydon, 2004; McIntyre, 1998 and 2005). این واکنش و نیز تزریق مداوم و پیوسته سیالات داغ (فرایند پالایش)، باعث می‌شود که سولفیدهای پیشین دچار به هم ریختگی و برشی شدن شوند و سولفیدهای اولیه تبلور و رشد پیدا کنند. همچنین کانی‌های دما پایین با سولفیدهای دما بالا جانیشین می‌شوند و دگرسانی سنگ میزبان رخ می‌دهد (Goodfellow, 2004; Lydon, 1996). وقوع این فرایند در کانسار گل‌زرد، همراه با بالا آمدن سیالات گرمایی دما بالا و غنی از فلز، موجب جانیشینی سولفیدهای پیشین مخصوصاً پیریت توسط کانی‌های دما بالاتر مثل کالکوپیریت شده و در کنار آن موجب گسترش دگرسانی‌های سیلیسی-کربناتی و کلریتی شده است. این کانه‌زایی برپایه مقایسه آن با انواع مختلف کانسارهای رسوبی-بروندمی (SEDEX) از جهات مختلف از جمله محیط زمین‌ساختی تشکیل، محیط زمین‌شناسی ته‌نشست، سن کانه‌زایی، نوع سنگ‌های میزبان و همراه، شکل هندسی، بافت و ساخت، کانی‌شناسی و دگرسانی، بیشترین همخوانی و همانندی را با کانسارهای رسوبی-بروندمی نوع سلوین (Selwyn) نشان می‌دهد. زیرا این کانه‌زایی همه ویژگی‌های کلیدی نوع سلوین همچون وجود پهنه استرینگر در پیکره‌های معدنی و حضور پهنه‌های دگرسانی کمرپایین و پهنه بندی فلزی واضح را دارد. در جدول ۱ ویژگی‌های مختلف کانسار گل‌زرد با انواع کانسارهای Selwyn و McArthur مقایسه شده است.

وجود پدیده‌ها و شواهدی نظیر لایه‌های سولفید هم‌رند با سنگ میزبان در کانسار گل‌زرد، افزون بر تأیید این مدل، نشان‌دهنده تشکیل همزمان کانسنگ رخساره لایه‌ای با رسوب‌گذاری در منطقه است. تشکیل رخساره رگه-رگچه‌ای و رخساره لایه‌ای و منطقه‌بندی عناصر در کانسار گل‌زرد و تشکیل دگرسانی‌های مرتبط با فعالیت گرمایی در کمرپایین، نشان می‌دهند که کانسار گل‌زرد از نوع Selwyn است و نیز با توجه به شوری متوسط به پایین سیال کانه ساز (جدول ۱، غفله مرضی، ۱۳۹۶)، مدل ستون شناور می‌تواند نحوه تشکیل این کانسار را به خوبی توضیح دهد. این کانه زایی سپس دچار فرایند دیاژنز آغازین و تأخیری گردیده است که نتیجه آن ایجاد برخی بافت‌های دیاژنتیک می‌باشد. در ادامه، حوضه کششی میزبان کانه‌زایی SEDEX در منطقه گل‌زرد در اثر فاز کوهزایی سیمین جوان بسته شده و دچار دگرگونی و دگرشکلی در حد رخساره شست سبز شده است (شکل ۱۲).

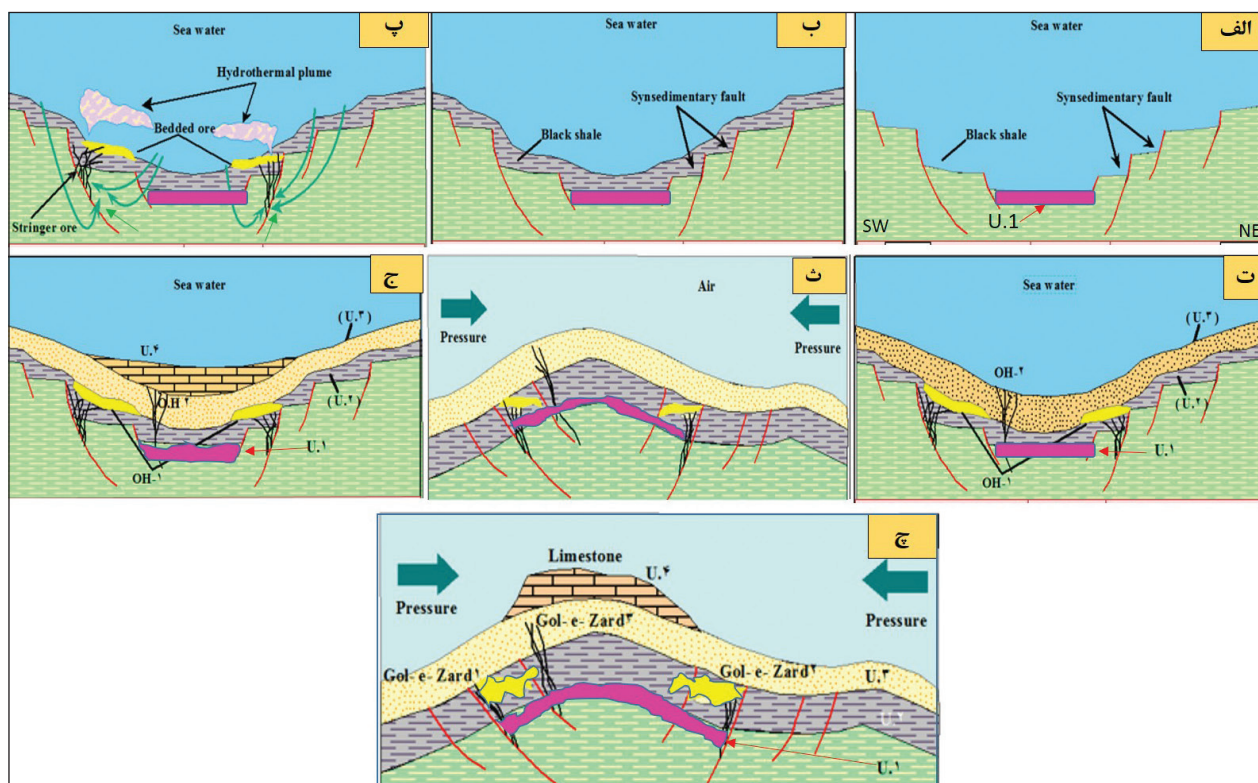
افتادگی کف حوضه در محل این گسل‌ها و فشار رسوبات بالایی به واحدهای پایینی (حاوی سیالات کانه ساز در حال چرخش) طی روند کانه‌سازی باشد (Goodfellow and Lydon, 2005; Yang et al., 2006). براساس (Lydon, 1996)، رگه-رگچه‌های سولفیدی موجود در پهنه استرینگر، مسیرهای خروج سیال به کف دریا بوده‌اند. کانسارهای رسوبی بروندمی براساس فاصله تا محل خروج سیالات به کف دریا به دو گروه عمده تقسیم‌بندی می‌شوند که عبارتند از: (۱) نوع مجاور دهنه خروج یا نزدیک منشأ (Vent Proximal) مثل کانسار سولیوان و کانسارهای حوضه Selwyn (۲) نوع دور از دهانه خروج یا دور از منشأ (Vent distal) مثل کانسارهای حوضه مک آرتور (Goodfellow, 2007; Goodfellow and Lydon, 2005). در نوع اول، سیال کانه ساز از نوع احیایی بوده و دارای شوری کم و دماهای بالا هستند. در این نوع کانسارها، سیالات به دلیل شوری کم و دمای بالا (Cooke et al., 2000)، دارای چگالی کمی پایین‌تر از آب دریا هستند و بنابراین به شکل ستون شناور (Buoyant plumes) در یک حوضه رسوبی احیایی (در اثر حضور مواد آلی) وارد دریا می‌شوند (Sangster, 2002; Goodfellow, 2004, 2007). در نوع دور از دهانه خروج (Vent distal) سیالات حالت دمای پایین‌تر و اکسیدان داشته و به علت شوری بالا و چگالی بالاتر از آب دریا، در کف دریا حرکت نموده و با پرکردن حوضه‌های فروافتاده احیایی کف دریا، استخر شورابه (brine pool) ایجاد می‌نمایند. در منطقه کانسار گل‌زرد نیز با توجه به قرارگیری در مجاورت و بالای پهنه تغذیه‌کننده (stringer zone) یا محل خروج سیال، بنظر می‌رسد سیالات احیایی و اسیدی با دمای به طور میانگین ۱۴۷/۶۸ (حد اکثر ۲۴۶ درجه) و شوری کم با میانگین ۵/۲۹ درصد معادل نمک طعام (حد اکثر ۹/۸ درصد) (غفله مرضی، ۱۳۹۶)، فلزاتی مانند Cu و Pb، Zn را از سنگ‌های آواری نفوذپذیر (و احتمالاً سنگ‌های آتشفشانی واحد ۱) شسته، و به صورت کمپلکس غالباً کلریدی حمل نموده و سپس این سیالات داغ و غنی از فلز، از طریق شکستگی‌ها و گسل‌های همزمان با رسوب‌گذاری، به صورت بروندم و مدل ستون‌های شناور وارد دریا شده‌اند. در نتیجه آمیختگی سیال گرمایی بروندمی با آب دریا، درجه حرارت آن کاهش یافته و بر pH آن افزوده می‌شود. در اثر این تغییرات همچنین، احیایی شدن محیط و تأمین بخش زیادی از S مورد نیاز فلزات پایه، کمپلکس‌های حمل‌کننده فلزات پایه ناپایدار شده و کانی‌های سولفیدی، به صورت همزمان با رسوب‌گذاری (بافت‌های لایه‌ای) ته‌نشین می‌شوند. در کانسار گل‌زرد تشکیل پیریت نسل اول، اسفالریت ریزدانه و گالن ریزدانه، به صورت لایه‌ای در رخساره لایه‌ای در این مرحله صورت می‌گیرد. همزمان با این سولفیدها که به صورت لایه‌ای همراه با رسوبات در حال ته‌نشست هستند و رخساره لایه‌ای را تشکیل می‌دهند، خروج سیال‌های بروندمی از دهانه (Vent) همچنان ادامه دارد. ورود سیالات داغ‌تر از قسمت

جدول ۱- مقایسه کانسار گل‌زرد با انواع کانسارهای SEDEX.

SEDEX Deposits		Gol-e-Zard	ویژگی
Vent Distal(McArthur) Type	Vent Proximal(Selwyn) Type		
زمین‌ساخت کششی	زمین‌ساخت کششی	زمین‌ساخت کششی	محیط زمین‌ساختی
شیل سیاه، سیلتستون، توریدایت، توف	شیل سیاه، سیلتستون، سنگ بسیار دانه‌ریز، رسوبات توریدایتی	شیل سیاه، ماسه‌سنگ	سنگ میزبان
اغلب پروتروزیویک	اغلب فانروزیویک	فانروزیویک (ژوراسیک)	سن کانه‌زایی
صفحه‌ای شکل، تابع توپوگرافی کف حوضه	گوه‌ای شکل	گوه‌ای	شکل کانسار
لامینه، نواری، فرامبیدال	لامینه، نواری، فرامبیدال، توده‌ای، رگه-رگچه‌ای، جانیشینی، برشی	توده‌ای، لامینه، رگه-رگچه‌ای، برشی، جانیشینی	بافت
پیریت، اسفالریت، گالن	پیریت، اسفالریت، گالن، تتراهدريت و کمی کالکوپیریت	پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت	کانی‌های سولفیدی عمده

ادامه جدول ۱

SEDEX Deposits		Gol-e-Zard	ویژگی
Vent Distal(McArthur)	Vent Proximal(Selwyn)		
Type	Type		
عدم وجود Vent Complex و Feeder Zone، متشکل از چندین عدسی صفحه ای شکل	-چینه کران و توده ناهمگون (Vent Complex) -کانسنگ لایه ای چینه سان(Bedded Ore) -حاشیه ای(Distal Hydrothermal) -تغذیه کننده رگه- رگچه ای(Feeder Zone)	- تغذیه کننده رگه- رگچه ای - کانسنگ لایه ای چینه سان	انواع رخساره ها
بدون دگرسانی مرتبط با دهانه تغذیه کننده، دارای هاله گسترده از کرنات آهن و منگنز در حاشیه کانسار	حضور دگرسانی مرتبط با دهانه تغذیه کننده (سیلیسی و کربناتی، سریسیتی و گاهی کلریتی)	حضور دگرسانی مرتبط با دهانه تغذیه کننده (سیلیسی و کربناتی، سریسیتی و کلریتی)	دگرسانی
- دارای منطقه بندی ضعیف - کاهش میزان Cu به سمت بالای کانسار	-عموماً افزایش نسبت Zn/Pb به سمت بالای کانسار - کاهش میزان Cu به سمت بالای کانسار - کاهش عیار کانسار با دور شدن از Vent Complex -افزایش Pb/Ag به سمت بالای کانسار	-عموماً افزایش نسبت Zn/Pb به سمت بالای کانسار - کاهش میزان Cu به سمت بالای کانسار	منطقه بندی فلزات پایه
غایب	معمول	غائب	حضور باریت
معمول	غایب (غیر معمول)	غائب	حضور پیرویت
متوسط تا پایین (<200)	متوسط تا بالا (>200)	متغیر (از 106 تا 246)	دما
بالا (بیشتر از 15 درصد وزنی نمک طعام)	متوسط (تقریباً 10 درصد وزنی نمک طعام)	متوسط تا پایین (از 2/1 تا 9/8)	شوری
XY, Anniv, OP, Century, Lady Loretta, HYC, Mt Isa	Tom, Jason, Sullivan, Megen, Ramelsberge		مثال
Goodfellow, 2004; Goodfellow and Lydon, 2007; Cooke et al., 2000; Sangster, 2002; Goodfellow and Jonasson, 1987; Leach et al., 2010	Goodfellow, 2004 and 2007; Lydon, 1996, 2004 and 2005; Goodfellow and Lydon, 2007; Cooke et al, 2000; Large et al, 2004; Leach et al., 2010	غفله مرمری (1396)	منبع



شکل ۱۲- بازسازی حوضه رسوبی تشکیل کانسار گل زرد و مراحل تکوین و تحولات آن: الف) رژیم کششی و محیط ریفتی احتمالاً درون کماتی و تشکیل واحد ۱ توالی میزبان. واحد سبز رنگ، سنگ های بستر منطقه بوده که به طور عمده شامل سنگ های دگرگونه پالئوزویک-پرکامبرین هستند، ب) تشکیل قسمت های زیرین واحد ۲ که عمدتاً شامل شیل می باشد، پ) رخداد افق اول کانده زایی شامل کانسارهای گل زرد ۱ و ۲، ت) نهشته شدن بخش بالایی واحد ۲ که ماسه سنگ بیشتری دارد و در پایان آن رخداد اندیس گل زرد، ث) رژیم فشارشی و بالا آمدگی منطقه و دگرشکلی کانده زایی ها در ژوراسیک بالایی احتمالاً در اثر فاز سیمین پسین، ج) رخداد مجدد رژیم کششی، عمق شدن حوضه و نهشته شدن واحد آهکی بالایی در کرتاسه، چ) کوهزایی احتمالاً لارامید و خروج منطقه از آب و گسترش فرایندهای هوازدگی و سوپرژن.

افق‌های کانه‌دار می‌باشد که گویای شباهت‌هایی با تیپ SEDEX نوع نزدیک به منشأ یا سلوین (Selwyn) است.

۸- نتیجه‌گیری

کانه‌زایی در کانسار روی-سرب گل‌زرد در دو افق چینه‌شناسی کانه‌دار در سنگ‌های شیل و ماسه‌سنگ دگرگون‌شده ژوراسیک رخ داده است. رخساره‌های کانسنگ در پیکره‌های معدنی از پایین به بالا شامل رخساره رگه-رگچه‌ای یا استرینگر (Stringer) و رخساره لایه‌ای (Bedded) می‌باشند. از لحاظ کانی‌شناسی، کانه‌زایی حاوی کانی‌های اولیه پیریت، اسفالریت، گالن و کالکوپیریت و کانی‌های ثانویه سروزیت، اسمیتروینت، آزوریت و مالاکیت بوده و کانی‌های باطله بیشتر شامل کوارتز، کلریت، کلسیت و کانی‌های رسی می‌باشند. در کانسار گل‌زرد پهنه‌بندی فلزی و کانی‌شناسی نیز دیده می‌شود. انواع دگرسانی‌ها در کانسار گل‌زرد به ترتیب از مرکز به سمت کناره‌ها عمدتاً شامل سیلیسی-کربناتی و کلریتی بوده که پهنه‌بندی واضحی دارند. براساس مطالعات ساخت و بافت، کانی‌شناسی، رخساره‌های کانه‌دار، پهنه‌بندی دگرسانی و ویژگی‌های ژئوشیمیایی، کانی‌زایی روی-سرب در محدوده معدنی گل‌زرد بیشترین شباهت را با کانسارهای نوع رسوبی-بروندی (SEDEX) تیپ سلوین (Selwyn) نشان می‌دهد که بعداً در اثر فاز کوهزایی سیمین و فاز کوهزایی لارامید دچار دگرشکلی و دگرگونی در حد رخساره شست سبز شده است.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مسئولان محترم معدن روی-سرب گل‌زرد، به ویژه آقای بهرام‌سری بهره‌بردار معدن گل‌زرد که امکان دسترسی به مغزه‌ها را فراهم نمودند، تشکر و قدردانی می‌شود.

در ادامه در زمان کرتاسه، مجدداً حوضه رسوبی بر منطقه حاکم شده و واحدهای کنگلومرای (در قسمت‌های دورتر از منطقه) و آهک اربیتولین دار به‌طور دگرشیمی بر روی واحدهای سنگی ژوراسیک نهشته شده است (شکل ۱۲). البته بعداً در اواخر کرتاسه، فاز کوهزایی لارامید نیز موجب دگرشکلی مجدد توالی سنگی منطقه گردیده است. اگرچه توده گرانیتوئیدی الیگودرز مربوط به ژوراسیک دانسته شده است ولی در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ الیگودرز در اطراف توده هاله هورنفلسی مشخص شده است، پس توده می‌بایست از واحدهای زیرین توالی میزبان کانسار مقداری جوان‌تر باشد. با توجه به اینکه توده با کانسار فاصله زیاد دارد بررسی ارتباط توده با کانه‌زایی بسیار مشکل بوده و اثبات آن نیازمند تعیین سن دقیق سنگ‌های رسوبی دگرگون شده توالی میزبان و حتی سنگ‌های متاولکانیکی واحد ۱ می‌باشد که خارج از توانایی این تحقیق می‌باشد. همانطور که در قسمت مقدمه ذکر شد، کانسار گل‌زرد توسط فرهادی نژاد (۱۳۷۷) به عنوان تیپ لایزال معرفی شده بود. در واقع کانسارهای نوع لایزال به صورت اپی ژنتیک و رگه-رگچه‌ای با میزبان ماسه سنگی بوده و از جهت منشأ مشابه کانسارهای نوع دره می‌سی سی پی (MVT) هستند (Lindblom, 1986; Mikhaylin, 2018). اما براساس تحقیقات نویسندگان حاضر کانه‌زایی در کانسار گل‌زرد فقط به صورت رگه-رگچه‌ای نیست. بلکه شامل رخساره‌های استرینگر و لایه‌ای می‌باشد. همچنین کانسار گل‌زرد توسط Zarasvandi et al (2014) به عنوان تیپ SEDEX معرفی شده است اما غیر از سنگ میزبان شیلی، شواهد کافی برای شباهت با تیپ SEDEX ارائه نشده‌اند. اما در تحقیق حاضر رخساره‌های استرینگر و لایه‌ای و همچنین افق‌های کانه‌دار تفکیک شده‌اند و ضمن ارائه پهنه‌بندی فلزی و دگرسانی، اثرات دگرگونی و دگرشکلی بر کانه‌زایی نیز بررسی شده است. شواهد مهم ارائه شده در این مقاله شامل رخساره‌های کانسنگی، بافت و ساخت و کانی‌شناسی، پهنه‌بندی دگرسانی و فلزی و تفکیک

کتابنگاری

- آقاباتی، س.ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۴۰۰ص.
- رجبی، ع.، راستاد، ا.، رشیدنژاد، ن.، محمدی نیایی، ر.، ۱۳۹۰- کانسار روی-سرب چاه‌میر، نمونه‌ای از کانسارهای رسوبی-بروندی نوع Selwyn، حوضه بافق، ایران مرکزی مجله علوم زمین، دوره ۲۰، شماره ۷۹، ص ۱۴۳-۱۵۶.
- سهیلی، م.، جعفری، م.، عبداللهی، م.، ۱۳۷۱- نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ الیگودرز. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- صادقیان، م.، شکاری، س.، ۱۳۹۴- پروژن و خاستگاه زمین‌ساختی توده گرانیتوئیدی دره باغ (شمال باختر الیگودرز). مجله علوم زمین، شماره ۹۷، ص ۴۰۷-۴۲۰.
- صامتی، م.، زراسوندی، ع.، راست منش، ف.، پورکاسب، ه.، ۱۳۹۰- بررسی پتروگرافی و کانی‌شناسی کانسار سرب و روی گل‌زرد الیگودرز، لرستان. سومین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، اهواز.
- صامتی، م.، ۱۳۹۱- تعیین زایش کانسار سرب-روی گل‌زرد، شمال شرق الیگودرز، استان لرستان، پایان‌نامه ی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه شهید چمران اهواز.
- غفله مرصی، ه.، ۱۳۹۶- رخساره‌های کانسنگ، پهنه بندی فلزی و شرایط فیزیکوشیمیایی سیال کانه ساز در کانسار روی-سرب گل‌زرد، شمال شرق الیگودرز، استان لرستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده علوم زمین، دانشگاه صنعتی شاهرود.
- فرهادی نژاد، ط.، ۱۳۷۷- زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و ژئز کانسار روی و سرب گل‌زرد شمال الیگودرز. پایان‌نامه ی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- فرهادی نژاد، ط.، راستاد، ا.، حامدی، م.، ۱۳۷۷- کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژئز کانسار روی و سرب گل‌زرد (به عنوان تیپ کانسار Laiswall در ایران)، دومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.

References

- Canet, C., Alfonsa, P., Melgarejo, J. C. and Fallick A. E., 2003- Origin of the mineralizing fluids from the Carboniferous sedex deposits of L'Alforja (SW Catalan Coastal Ranges, Spain)" Journal of Geochemical Exploration, 78, 513-517.
- Canet, C., Alfonsa, P., Melgarejo, J. C. and Belyatsky, B. V., 2004- Geochemical evidences of sedimentsry-exhalative origin of the shale-hosted PGE- Ag- Au- Zn- Cu occurrences of the Prades Mountains (Catalonia, Spain): trace- element abundances and Sm- Nd isotopes, Journal of Geochemical Exploration, 82: 17-33.
- Chen, J., Walter, M. R., Logan, G. A., Hinman, M. C. and Ssummons, R. E., 2003-The paleoproterozoic McArthur River (HYC) Pb- Zn- Ag deposit of northern Australia: Organic Chemistry and ore genesis, Earth and Planetary Science Letters, 210: 467- 479
- Cooke D. R. Bull S. W. Large R. R. and MCGolden P. J., 2000- The Importance of oxidized brines for the formation of Australian Proterozoic stratiform sediment-hosted Pb-Zn (Sedex) deposits". Economic geology, 94, 1-17.

- Esna-Ashari A. Tiepolo M. Vlizade M.V. and Hassanzadeh J. 2012- Geochemistry and Zircon U-Pb geochronology of Aligudarz granitoid complex, Sanandaj-Sirjan Zone, Iran". *Journal of Asian Earth Science*, 43, 11-22.
- Gibson, H.L., Allen, R.L., Riverin, G. and Lane, T.E., 2007- The VMS model: advances and application to exploration targeting. IN: Milkereit, B. (ed) *proceedings of exploration 07: Fifth Decennial International Conference on Mineral Exploration*, p.713-730.
- Goodfellow WD 2004- Geology, genesis and exploration of Sedex deposits, with emphasis on the Selwyn basin, Canada. In: Deb M, Goodfellow WD (eds.) *Sediment-hosted lead-zinc sulphide deposits: Attributes and models of some major deposits of India, Australia and Canada*. Narosa publishing house, Delhi, India pp 24-99.
- Goodfellow WD 2007- Base metal metallogeny of the Selwyn Basin, Canada. In: Goodfellow WD (ed) *Mineral Deposits of Canada: a synthesis of major deposit types, district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods*. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, p 553-580.
- Goodfellow WD, Jonasson IR 1987- Environment of formation of the Howards Pass (XY) Zn-Pb deposits, Selwyn Basin, Yukon. In: Morin JA (ed.) *Mineral deposits of Northern Cordillera*. Canadian Institute Mining Metallurgy, p 19-50.
- Goodfellow, W. D and Lydon, J. W., 2005- *Synthesis of SEDEX Deposits*, Geological Survey of Canada
- Goodfellow, W. D. and Lydon, J. W., 2007- Sedimentary exhalative (SEDEX) deposits, in Goodfellow, W.D., ed., *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods: Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication No. 5*, p. 163-183
- Large, R., McGoldrick, P., Bull, S., and Cooke, D., 2004- Proterozoic stratiform sediment- hosted zinc-lead- silver deposits of northern Australia, in Dep, M., and Goodfellow, W.D., eds., *Sediment hosted lead-zinc sulphide deposits, attributes and models of some major deposits in India, Australia and Canada: New Delhi, Narosa Publishing House*, p.1-23.
- Leach D. L., Bradely D. C., Huston, D., Pisarevsky S. A., Taylor R. D. and Gardoll. S. J., 2010- *Sediment- Hosted Lead- Zinc Deposits In Earth History*, Society of Economic Geologists Inc. *Economic Geology*, V.105, pp. 593-625.
- Lindblom, S., 1986- Textural and fluid inclusion evidence for ore deposition in the Pb-Zn deposit at Laisvall, Sweden. *Economic Geology* 81, 46-64.
- Lydon J. W. 1996- Sedimentary exhalative sulphides (SEDEX). *Geology of Canadian mineral deposit types*, Geological Survey of Canada, *Geology of Canada*, 8, 130-152.
- Lydon J. W. 2004- *Genetic Models for Sullivan and other Sediment Hosted Lead-Zinc Sulphide Deposits*" 149.
- Lydon, J., 2005- *Synopsis of the Belt- Purcell Basin*, Geological Survey of Canada
- MacIntyre D.G. 1998- *Geology, Geochemistry and Mineral Deposits of the Akie River Area, Northeast British Columbia; B.C*" Ministry of Energy and Mines, Bulletin 103, 91p.
- MacIntyre, D., 2005- *Sedimentary exhalative (SEDEX) Zn- Pb- Ag, Modified for Yukon by A. Fonseca Refer to preface for general references and formatting significance*. Geological Survey of Canada.
- Mikhaylin, G., 2018- *Mississippi Valley Type ore deposits, the Laisvall Pb-Zn deposit and origin of Pb-Zn-bearing sandstone glacial erratic from the Raahe area*. Geosciences Bachelor's Thesis, University of Oulu Faculty of Technology, 25p.
- Rajabi, A., Rastad, E., Alfonso, P., Canet, C., 2012- *Geology, ore facies, and sulphur isotopes of the Koushk vent-proximal sedimentary-exhalative deposit, Posht-e-Badam Block, Central Iran*. *Int. Geol. Rev.* 54 (14), 1635-1648.
- Rajabi, A., Rastad, E., Canet, C., Alfonso, P., 2014- *The early Cambrian Chahmir shalehosted Zn-Pb deposit, Central Iran: an example of vent-proximal SEDEX mineralization*. *Mineral. Deposita* 50 (5), 571-590.
- Sangster D. F. 2002- *The role of dense brines in the formation of vent-distal sedimentary-exhalative (SEDEX) lead-zinc deposits: field and laboratory evidence*" *Mineralium Deposita*, 37(2), 149-157.
- Vokes, F.M., 2000a- *Ores and metamorphism: Introduction and historical perspectives: Reviews in Economic Geology*, v.11, p.1-18.
- Vokes, F.M., 2000b- *Textural aspects of metamorphosed Sulphide ores, in MSF Mini-symposium, Espoo* p.97-101. Finland, Kojonen, K., Carlson., Holtta, P. and Lahti, S. (eds.), 509. *Extended Abstracts*.
- Yang J. Large R. R. Bull S. and Scott D. L. 2006- *Basin-scale numerical modeling to test the role of buoyancy-driven fluid flow and heat transfer in the formation of stratiform Zn-Pb-Ag deposits in the northern Mount Isa basin* *Economic Geology*, 101(6), 1275-1292.
- Zarasvandi, A. Sameti, M. Sadeghi, M. Rastmanesh, F. and Pourkaseb, H. 2014- *The Gole- Zard Zn- Pb Deposit, Lorestan Province, Iran : a Metamorphosed Sedex Deposit*. *Acta geological sinica*, 88,142-153

Ore facies, ore horizons and genesis of the Gol-e-Zard sedimentary-exhalative (SEDEX) zinc-lead deposit, Lorestan province

H. Ghafleh Maramazi¹, F. Mousivand^{2*} and A. Zarasvandi³

¹M.Sc., Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

²Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

³Professor, Faculty of Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

Received: 2019 February 16

Accepted: 2020 February 18

Abstract

The Gol-e-Zard zinc-lead deposit is located in the Malayer-Isfahan belt of Sanandaj-Sirjan zone in northeast of Aligudarz, Lorestan province. Mineralization occurred as two different ore horizon within metamorphosed Jurassic shale and sandstone. Generally, two ore facieses were distinguished in the deposit: 1) vein-veinlet/stringer facies, and 2) bedded facies. Primary minerals of the ores involve pyrite, sphalerite, galena and chalcopryrite, and the secondary minerals include cerussite, smithsonite, azurite, malachite and goethite. The gangue minerals are quartz, chlorite, calcite and clay-mineral. In the stringer facies, chalcopryrite replaced mainly pyrite and other minerals indicating influx of a copper-rich hot fluid influx into a pyrite-rich ore called as “zone-refining process”. In the Gol-e-Zard deposit metal and mineralogical zonation was observed. Alteration zones have distinct pattern, silicic-carbonatic at core to chloritic at margins. Based on textures and structures, mineralogical, ore facies, alterations and geochemical characters, the zinc-lead mineralization in the Gol-e-Zard region is of Selwyn-type sedimentary-exhalative (SEDEX) deposits, deformed and metamorphosed by the Late Cimmerian and Laramid Orogenies at green schist facies.

Keywords: Sedimentary-exhalative, SEDEX, Gol-e-Zard, Zinc-lead, Sanandaj-Sirjan zone

For Persian Version see pages 153 to 164

*Corresponding author: F. Mousivand; E-mail: mousivand@shahroodut.ac.ir