

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

شرایط تشکیل کانسار مس رسوبی ماهان، جنوب شرق کرمان

علیرضا شاکر^۱، سارا درگاهی^۲

^۱استادیار گروه مهندسی معدن، مجتمع آموزش عالی زرنند، دانشگاه شهید باهنر کرمان

^۲دانشیار بخش زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه شهید باهنر کرمان

*ایمیل نویسنده مسئول: shaker@uk.ac.ir

چکیده: کانسار مس رسوبی ماهان در ۵۰ کیلومتری جنوب شرق کرمان واقع و مربوط به زون ساختاری ایران مرکزی می باشد. سنگ میزبان کانسار، شامل: ماسه سنگ، شیل و به طور محلی ژئوپس می باشد که از لحاظ سنی مربوط به اواخر ژوراسیک است. کانه های مس دار موجود در کانسار شامل مالاکیت، آزوریت، کالکوپریت و نئوتوسیت می باشد. عمدتاً کانه زایی های اصلی در مکانهایی که ماسه سنگها و شیل های قرمز به ماسه سنگها و شیل های خاکستری مایل به سبز تبدیل شده یا آثار بقایای فسیل گیاهی وجود دارد، مشاهده می گردد. براساس مطالعات میکروسکوپی ماسه سنگها از نوع ساب آرکوز و کانی های اصلی تشکیل دهنده آنها شامل کوارتز، فلدسپات، کانی اپاک، مسکویت، سربیسیت، بیوتیت، کلریت و اکسیدهای آهن با سیمان عمدتاً سیلیسی و تا حدی کلسیتی است. تخریب مواد آلی طی دیاژنز اولیه و تولید اسید هومیک باعث هیدرولیز کانیهای سیلیکاته و آزادسازی محتوای فلزی آنها به داخل سیال اکسیدان شده است. بعلاوه انحلال کانیهای تبخیری باعث افزایش درجه شوری و کلریدی شدن سیال و تشکیل کمپلکس کلریدی فلزات می گردد. در ادامه، سیال اکسیدان بارور در طی چرخش خود درون لایه های ماسه سنگی، وقتی به لایه های احیایی غنی از مواد آلی و فسیلهای گیاهی می رسد دچار اختلاط با سیال احیایی این زون می شود و این باعث ناپایداری کمپلکسهای کلریدی شده و در نتیجه مس رسوبگذاری می کند.

واژگان کلیدی: کانسار مس رسوبی، زون ایران مرکزی، ماسه سنگ و شیل قرمز، کمپلکس کلریدی، ماهان، کرمان.

Conditions of formation of Mahan sedimentary copper deposit, southeast of Kerman

Abstract: Mahan sedimentary copper deposit, located 50 km southeast of Kerman and, belongs to the structural zone of Central Iran. The host rock of the deposit includes sandstone, shale and locally gypsum, which is late Jurassic in age. The copper-bearing ores in the deposit are malachite, azurite, chalcopyrite and neotocite. The main mineralization is observed where red sandstones and shales have gradually changed to greenish gray sandstones and shales or in places with traces of plant fossils. Based on microscopic studies, the sandstones are sub-arkose in composition with main constituent minerals of quartz, feldspar, opaque mineral, muscovite, sericite, biotite, chlorite, iron oxides and siliceous to partially calcite cement. Decomposition of organic materials during primary diagenesis and production of humic acid has caused hydrolysis of silicate minerals and release of their metal content into the oxidizing fluid. In addition, the dissolution of evaporite minerals increases the degree of salinity and the amount of chlorid in the fluid and as a result, chloride complexes of metals are developed. Further, the productive oxidizing fluid during its rotation in the sandstone layers, when it reaches the reduced layers rich in organic materials and plant fossils, gets mixed with the reduced fluid of this zone, and this causes the instability of chloride complexes and as a result copper precipitates.

Keywords: Sedimentary copper deposit, Central Iran zone, Red sandstone and shale, Chloride complexes, Mahan, Kerman.

۱- مقدمه

کانسارهای مس با میزبان رسوبی پس از کانسارهای نوع پورفیری از مهمترین ذخائر مس در دنیا می باشند (Brown, 2003). کانسارهای مس با میزبان رسوبی عمدتاً چینه سان و چینه کران بوده و همراه با نهشته های رسوبی آواری یا آواری- کربناته تشکیل شده اند. این کانسارها به چهار گونه رسوبی دگرگون شده، رخساره احیایی، طبقات قرمز و نوع ماسه سنگی احیایی تقسیم شده اند (Hitzman et al, 2010). مهمترین ذخائر مس از این نوع عمدتاً از گونه رخساره احیایی (کانسارهای کوپرشیفور) و نوع طبقات قرمز (کانسار کروکو) می باشد (اسپهد و سید اصفهانی، ۱۳۶۰). در ایران کانسارهای مس با میزبان رسوبی در توالیهای مختلف چین خوردگیهای پرکامبرین تا الیگومیوسن شناسایی شده و عمدتاً از نوع میزبان طبقات آواری قرمز هستند (شمسی، ۱۳۷۸). کانسارهای مس با میزبان رسوبی، کانسارهایی هستند که

به صورت سیمان و گاهی رگچه های چینه کران در لایه های رسوبی گسترده شده و علاوه بر مس، منابعی برای تمرکز کبالت و نقره نیز هستند (Hayes et al, 2015).

۲- زمین شناسی و چینه شناسی محدوده کانسار مورد مطالعه

کانسار مس رسوبی ماهان در ۵۰ کیلومتری جنوب شرق کرمان و در ۱۰ کیلومتری شرق ماهان واقع می باشد. محدوده کانسار مورد مطالعه در نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کرمان (سبزه ای، ۱۳۷۴) قرار گرفته است که بر اساس تقسیم بندی زون های ساختاری ایران، در زون ایران مرکزی (اشتوکلین، ۱۹۶۸) واقع می باشد. نوگل سادات (۱۹۷۸) در تقسیمات ساختاری ایران، این منطقه را در شمار مثلث میانی قلمداد نموده است. کانسار مورد مطالعه از لحاظ سنگ شناسی، عمدتاً از ماسه سنگ و شیل قرمز و به طور محلی ژئپس که مربوط به اواخر ژوراسیک می باشند، تشکیل شده است که به سمت شرق محدوده به لایه های تفکیک نشده ای از واحدهای ۱- ماسه سنگ، شیل و کنگلومرای قائده ای، ۲- ماسه سنگ، شیل میکادار قرمز تا خاکستری، ۳- سنگ آهک پکتن دار نازک لایه، مارن سفید تا خاکستری، ۴- مارن، سنگ آهک مارنی و سنگ آهک پکتن دار بین لایه ای و ۵- ماسه سنگ، شیل قرمز و به طور محلی ژئپس منتهی می شود و در ادامه به سنگ آهک ریفی، سنگ آهک ضخیم لایه صورتی تا سفید اوایل کرتاسه می رسد. لازم به ذکر است که از سمت غرب به شرق محدوده مورد مطالعه ارتفاع افزایش می یابد. در قسمت شمالی محدوده اکتشافی رسوبات کواترنری شامل تپه های شنی، و تپه های پوشیده از ماسه بادی غالباً تثبیت شده و در قسمت غرب و جنوب محدوده، پادگانه ها و تراسهای آبرفتی جوان مشاهده می گردد (سبزه ای، ۱۳۷۴). در بین ماسه سنگها و شیلها افقهایی از کانه زایی مس به صورت ملاکیت و آزوریت و در بعضی از مکانها کالکوپیریت مشاهده می گردد. جهت بررسی دقیق افقهای کانه زا ترانشه هایی عمود بر امتداد آنها که هم راستا با روند لایه های ماسه سنگ و شیل می باشند حفر گردید. بر اساس بررسیهای صحرایی، کانه زایی مس در حداقل ۴ افق ماسه سنگی مجزا و با فاصله های متفاوت، ضخامت ۰/۳ تا ۱/۵ متر و درازای ۵۰۰ متر از یکدیگر رخ داده است؛ به گونه ای که فاصله اولین افق کانه زا تا چهارمین افق کانه زا حدود ۸۰ متر از یکدیگر فاصله دارند. این افقها دارای امتداد شمال شرق- جنوب غرب و شیب حدود ۵۲- ۴۵ درجه به سمت جنوب شرق هستند (شکل ۱). لازم به ذکر است عمدتاً کانه زایی های اصلی در مکانهایی انجام شده است که ماسه سنگهای قرمز به ماسه سنگ یا شیلهای خاکستری مایل به سبز تبدیل شده اند و حتی در بعضی از قسمتها آثار بقایای گیاهی و زغالسنگ مشاهده می گردد (شکل ۲- الف). به عبارت دیگر کانه زایی در مکانهایی تشکیل شده است که

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

محیط اکسیدان به محیط احیایی تبدیل شده است. در محدوده اکتشافی با توجه به شیب لایه های سنگ میزبان همیشه در قسمت کمر بالای سنگ میزبان کانه زا، افقهای ماسه سنگی قرمز مشاهده می شود و در قسمت کمر پایین و یا عبارتی مکان کانه زایی ماسه سنگ و شیل خاکستری تا سبز رنگ مشاهده می گردد (شکل ۲- ب). البته با توجه به مطالعات میکروسکوپی در مکانهایی که ماسه سنگ و شیل های قرمز وجود دارد (کمر بالا)، کانه های پیریت و کالکوپیریت مشاهده می شود. و در افق های کانه زا (کمر پایین)، کانه زایی بیشتر شامل مالاکیت می باشد اما در بعضی موارد آزوریت و کالکوپیریت نیز در این افق ها مشاهده می شود. کانه ها عمدتاً به صورت لامینه ای در داخل درزه ها و شکستگیها قرار دارند. از دیگر کانه هایی که به صورت پراکنده در داخل ماسه سنگهای میزبان قرمز و خاکستری تا سبز رنگ قابل مشاهده است کانه ثانویه نئوتوسیت است (شکل ۲- ج). این نوارها همروند با لایه بندی سنگ میزبان هستند. بنا به اعتقاد Durieux and Brown (۲۰۰۷) این بافت در اثر فشارهای ناشی از وزن لایه های بالایی طی دیاژنز تدفینی تشکیل می شود. بعد از دیاژنز اولیه و قبل از دیاژنز تأخیری، در سطوح موازی با لایه بندی ماسه سنگها، تحت تأثیر فشار لیتواستاتیکی، ذرات قابل حل به صورت شیمیایی انحلال پیدا می کنند و درزه های انحلالی را به وجود می آورند که کانیهای سولفیدی و مواد غیرآلی غیرقابل انحلال در درون این درزه ها باقیمانده و بافت شبه لامینه ای را به وجود می آورند (ارجمند زاده و همکاران، ۱۳۹۹).

۳- مطالعات میکروسکوپی

برای شناسایی دقیقتر سنگهای محدوده اکتشافی از مقاطع نازک و صیقلی، جهت شناسایی کانیها، ساخت، بافت سنگ و نامگذاری سنگهای آواری که میزبان کانه های مس می باشد استفاده شده است. بدین منظور تعداد ۲۰ عدد مقطع نازک و ۱۰ عدد مقطع نازک صیقلی تهیه شد. با مطالعه این مقاطع مشخص گردید که ماسه سنگهای محدوده اکتشافی دارای بافت تخریبی بوده و با توجه به نمودار فولک از نوع ساب آرکوز می باشند (شکل ۲- د). کانی های اصلی تشکیل دهنده این ماسه سنگها شامل کوارتز، فلدسپات، کانی اپاک، مسکویت، سریسیت، بیوتیت، کلریت و اکسیدهای آهن است. سیمان این ماسه سنگها عمدتاً سیلیسی و تا حدی کلسیتی می باشد. در این ماسه سنگها کانی های اپاک نیز از فراوانی حدود ۵- ۱۰ درصد برخوردار هستند که بعضی از آنها به اکسیدهای آهن دگرش یافته اند. البته این مسئله بیشتر در ماسه سنگهای قرمز مشاهده می گردد و در ماسه سنگهای خاکستری مایل به سبز کانیهای اپاک به اکسیدهای آهن دگرش نیافته اند. کانه های اصلی تشکیل دهنده شامل: مالاکیت، آزوریت، پیریت، کالکوپیریت، هماتیت و مگنتیت

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب‌شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

می باشند. لازم به ذکر است که بیشترین کانه های مس در محدوده اکتشافی مالاکیث و آزوریت است و در بعضی نقاط به صورت موضعی کانه های کالکوپیریت مشاهده شدند. بعضا کانه های کالکوپیریت دگرسان شده و آهن موجود در آن به اکسید آهن و مس موجود در آن به مالاکیث تبدیل شده است.

۴- بحث و نتیجه گیری

در کانسارهای مس رسوبی طبقات قرمز و در طی فرایند دیاژنز اولیه، هیدرولیز کانیهای سیلیکاتی (مانند پلاژیوکلاز، هورنبلند و بیوتیت موجب آزاد شدن آهن موجود در شبکه آنها، به صورت هیدروکسید آهن فریک (پیش ماده اولیه هماتیت) می گردد که با تجمع در پیرامون دانه های آواری، باعث سرخ شدن رسوبات در مراحل اولیه دیاژنز می شود (Walker, 1989). همچنین در طی دیاژنز اولیه و در اثر تخریب موادآلی، اسید هومیک ایجاد می شود و در محیط اسیدی ناشی از آن، تخریب برخی از کانیهای سیلیکاتی ادامه می یابد. در اثر تخریب کانیهای سیلیکاتی، جانشینی پلاژیوکلاز توسط فلدسپات پتاسیم درجازا و نیز شسته شدن بیوتیت، عناصر فلزی موجود در شبکه آنها آزاد و این عناصر توسط هیدروکسیدهای آهن و اسمکتیت موجود در زمینه رسی ماسه سنگ، جذب می شوند (Brown, 2003). در مراحل بعدی دیاژنز، طی تبلور و بلوغ اکسیدهای آهن بی شکل و تبدیل آنها به هماتیت (Chan et al, 2000) و همچنین تبدیل اسمکتیت به ایلیت، محتوای فلزی درون این کانیها (از جمله مس و نقره) آزاد و وارد سیال اکسیدان می شوند و می توانند توسط آن حمل شوند. این سیال اکسیدان کانه دار در اثر فشار بار لیتوستاتیکی و در اثر آبزدایی و انحلال کانیهای تبخیری در توالی تبخیریها ایجاد می گردد. این سیال غنی از کلرید و با شوری متوسط تا بالا، مس و دیگر فلزات آزاد شده از کانیهای سیلیکاتی ناپایدار را به صورت کمپلکس کلریدی حمل می کند. همچنین وجود مواد آلی، در چند افق باعث می شود که آب میان سازندی موجود در اطراف بخشهای غنی از فسیل گیاهی تحت تاثیر مواد آلی، احیاء و موجب تشکیل سیال احیایی شود (Brown, 2003). سیال اکسیدان کانه دار در مسیر چرخش خود درون لایه های ماسه سنگی، با رسیدن به افق های احیایی غنی از موادآلی و فسیل گیاهی و در اثر برخورد با سیال احیایی در این بخش، باعث ناپایدار شدن کمپلکس کلریدی حامل مس می شود و در نتیجه سولفیدهای مس، ته نشین و جانشین بخش های مختلف فسیلهای گیاهی می گردند (ارجمند زاده و همکاران، ۱۳۹۹). لذا با توجه به شواهد موجود در محدوده مورد مطالعه نظیر وجود لایه های ماسه سنگی و شیلی قرمز (محیط اکسیدان)، وجود لایه های نازک از ژپس و انیدریت در منطقه (جهت تشکیل سیال کلریدی)، وجود آثار فسیل گیاهی و تمرکز مس در اطراف آن، تمرکز کانه های

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



8th Symposium of Sedimentological
Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

مس در مناطقی که عمدتاً به صورت شیل‌های سبز و خاکستری و یا سنگ آهک هستند (محیط احيایی)، وجود کانه های متفاوت مس، پیریت و اکسیدهای آهن، می توان نحوه تشکیل کانسار مس رسوبی ماهان را به مانند موارد فوق در نظر گرفت.

۵- مراجع

اسپهبد، م.ر.، سید اصفهانی، م.، (۱۳۶۰). بررسیهای زمین شناسی و متالورژی اورانیوم در معادن طالمسی و مس کنی انارک، سازمان انرژی اتمی، ۴۰ ص.

ارجمندزاده، ر.، شریفی تشنیزی، ا.، احمدی، ع.ا.، مهدوی، ا.، توسلی، س.، دبیری، د.، (۱۳۹۹). کانی شناسی، ژئوشیمی و ژئز کانسار مس- اورانیوم رسوبی آغل مسی، بلوک طبس، ایران مرکزی. پژوهشهای دانش زمین، ۱۱(۴۴): ۴۷-۷۰.

سبزه ای، م.، ۱۳۷۴. نقشه زمین شناسی ورقه کرمان، با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی ایران.

سهندی، م.ر.، رحیم زاده، ف.، ۱۳۶۹. نقشه زمین شناسی ورقه کرمان، با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی ایران.

Brown, A.C. (2003). Redbeds: "source of metals for sediment-hosted stratiform copper, sandstone copper, sandstone lead and sandstone uranium-vanadium deposits, In: Lentz DR (ed) Geochemistry of sediments and sedimentary rocks: evolutionary considerations to mineral deposit-forming environments, *Geological Association of Canada Geotext*, 4, 121-133.

Chan, M.A., Parry, W.I., & Bowman, J.R. (2000). Diagenetic hematite and manganese oxides and fault-related fluid flow in Jurassic sandstones, southeastern Utah, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 84, 1281-1310.

Durieux, C.G., & Brown, A.C., (2007). Geological context, mineralization, and timing of the Juramento sediment-hosted stratiform copper-silver deposit, Salta district, northwestern Argentina, *Mineralium Deposita*, 42, 879-899.

Hitzman, M.W., Selley, D. & Bull, S. (2010). Formation of Sedimentary Rock-Hosted Stratiform Copper Deposits through Earth History, *Economic Geology*, 105, 627-639.

Huckriede, R., Kursten, M., & Venzlaff, H. (1962). Zur Geologie des Gebietes Zwischen Kerman and Sagand (Iran). *Beiheft zum Geologisches Jahrbuch*, 51, 197p.

Nogole Sadat, M.A.A. (1978). Les zone de décrochement et les virgations structurales en Iran. Consequences des resultants de l'analyse structurale de la région de qom. These Univ. *Scientifique et Medicate de Grenoble*, 201p.

Stoklin, J. (1968). Structural history and tectonics of Iran: a review, *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 52, 1229-1258.

Walker, T.R. (1989). Application of diagenetic alterations in redbeds to the origin of copper in stratiform copper deposits, In: Boyle RW, Brown AC, Jefferson CW, Jowett EC, Kirkham RV (eds)

هشتمین همایش ملی انجمن رسوب شناسی ایران



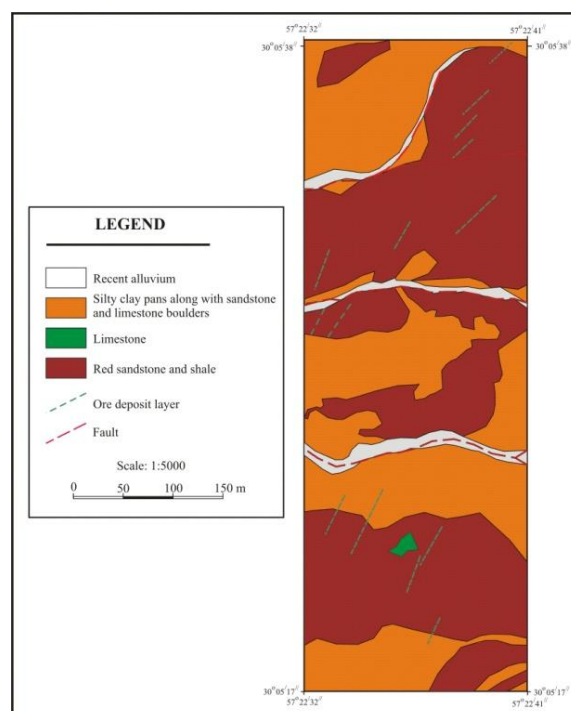
8th Symposium of Sedimentological Society of Iran / 31 Jan - 1 Feb 2024
University of Hormozgan

۱۱ و ۱۲ بهمن ماه ۱۴۰۲
دانشگاه هرمزگان

Sediment-hosted stratiform copper deposits. *Geological Association of Canada, Special Paper*, 36, 85-96.



شکل ۲: الف- نمایی از حضور بقایای فسیل گیاهی و تمرکز کانه های مس در اطراف آنها؛ ب- تمرکز کانه های مس در ماسه سنگها و شیل های خاکستری مایل به سبز؛ ج- نمایی از کانه ثانویه نئوتوسیت در ماسه سنگهای میزبان؛ د- تصویر میکروسکوپی از ماسه سنگ ساب آרקوزی (وضعیت نور: XPL).



شکل ۱: نقشه زمین شناسی کانسار مس رسوبی ماهان.