Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy

مقاله پژوهشی

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال سی و سوم، شمارهٔ دوم، تابستان ۱۴۰۴، از صفحهٔ ۳۴۳ تا ۳۵۶

کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی و زمین‌شیمی کانسار منگنز زرشلو میانه، شمال غرب ایران

سیدجواد مرسلی[*۱]، محمدرضا حسین‌زاده[۲]، محسن موید[۲]، امین‌اله کمالی[۳] ، محمد فداییان[۴]

۱- دانشکده‌ی طراحی صنعتی، دانشگاه هنر اسلامی تبریز، ایران.

۲- گروه علوم زمین، دانشکده‌ی علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، ایران.

۳- پژوهشگاه میراث فرهنگی و گردشگری، پژوهشکده حفاظت و مرمت آثار تاریخی-فرهنگی، گروه باستان‌سنجی و علوم طبیعی.

۴- دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

(دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۸/۲، نسخه نهایی: ۱۴۰۳/۱۰/۱)

چکیده: کانسار منگنز زرشلو در شمال روستای زرشلو و ۴۰ کیلومتری جنوب‌غرب میانه، در استان آذربایجان‌شرقی قرار دارد. این منطقه بخشی از پهنه زمین‌ساختی البرز-آذربایجان است. واحدهای سنگی اصلی منطقه مربوط به دوره الیگوسن-میوسن و شامل سنگ‌های آتشفشانی با ترکیب آندزیت بازالتی و ایگنمبریت‌ها هستند. کانی‌های تشکیل‌دهنده این سنگ‌ها پلاژیوکلاز، هورنبلند، پیروکسن و الیوین هستند که بافت شیشه ریزسنگی پورفیری تا ریزسنگی پورفیری دارند. کانی‌های اصلی کانسار شامل پیرولوسیت و منگانیت هستند و کانی‌های فرعی همچون باریت، سیلیس و کلسیت نیز در آن وجود دارند. بافت‌های متنوعی چون گل‌کلمی، کلیه‌ای، دارینه ای، نواربندی هم مرکز و رشد کروی پیزولیتی در این کانسار دیده می‌شوند. کانسار زرشلو در یک پهنه برشی گسلی و درون سنگ‌های میزبان آندزیت بازالتی شکل گرفته است. رگه اصلی کانسنگ منگنز دارای راستای شمالی-جنوبی و طول حدود ۱۵۰ متر است. سنگ‌ها در این منطقه به شدت برشی شده‌اند. ماده معدنی به‌صورت رگه‌های نامنظم با شیب تقریباً قائم وجود دارد که به دلیل سختی و پایداری در برابر هوازدگی، به‌طور برجسته دیده می‌شود. شواهد زمین شیمیایی نشان می‌دهند که کانی‌سازی منگنز در ارتباط با سیال های گرمابی بوده است و به‌صورت توده‌ای و سیمان پرکننده فضاهای خالی بین قطعه های برشی با بافت‌های کلیه‌ای و گل‌کلمی دیده می‌شود. عیار متوسط منگنز در کانسنگ زرشلو برابر ۴۸٪ است.

واژه‌های کلیدی: *کانی شناسی؛ آندزیت بازالت؛ منگنز؛ پیرولوسیت؛ منگانیت؛ زرشلو؛ میانه.*

مقدمه

با توجه به نیاز بسیار صنایع مختلف و از جمله صنایع فولاد کشور به منگنز و کافی نبودن ذخایر و منابع شناخته شده‌ی فعلی، کاوش برای یافتن منابع جدید امری اجتناب ناپذیر است. ذخایر منگنز بر پایه فرآیندهای موثر تشکیل، سرعت ته نشینی، سنگ میزبان و ویژگی‌های زمین‌شناسی کانسنگ به ذخایر گرمابی، آب آزاد، درونزادی و زیست زادی رده بندی می شوند [۱، ۲]. ذخایر منگنز گرمابی در نتیجه ته‌نشینی منگنز از محلول‌های گرمابی در موقعیت های مختلف ساختاری چون محیط‌های دریایی تا کمربندهای ماگمایی در ارتباط با فرورانش تشکیل میشوند. ذخایر آب‌زاد از ته نشینی منگنز از آب دریا به دور از محیط‌های آتشفشانی شکل می‌گیرند [۳]. کشور ایران سرزمینی با ذخایر فلزی و غیرفلزی بسیار متنوع است. از میان همه این مواد معدنی می‌توان منگنز را از نظر مقدار ذخایر، فراوانی و ارزش اقتصادی از مهم‌ترین مواد معدنی کشور به حساب آورد. در ایران، بیش از ۴۰ کانسار منگنز (از

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۴۱۷۶۸۷۹۶، پست الکترونیکی: sjmgeo@yahoo.com

Copyright © 2025 The author(s). This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited

download date: 8/26/2025

https://www.magiran.com/p2890506

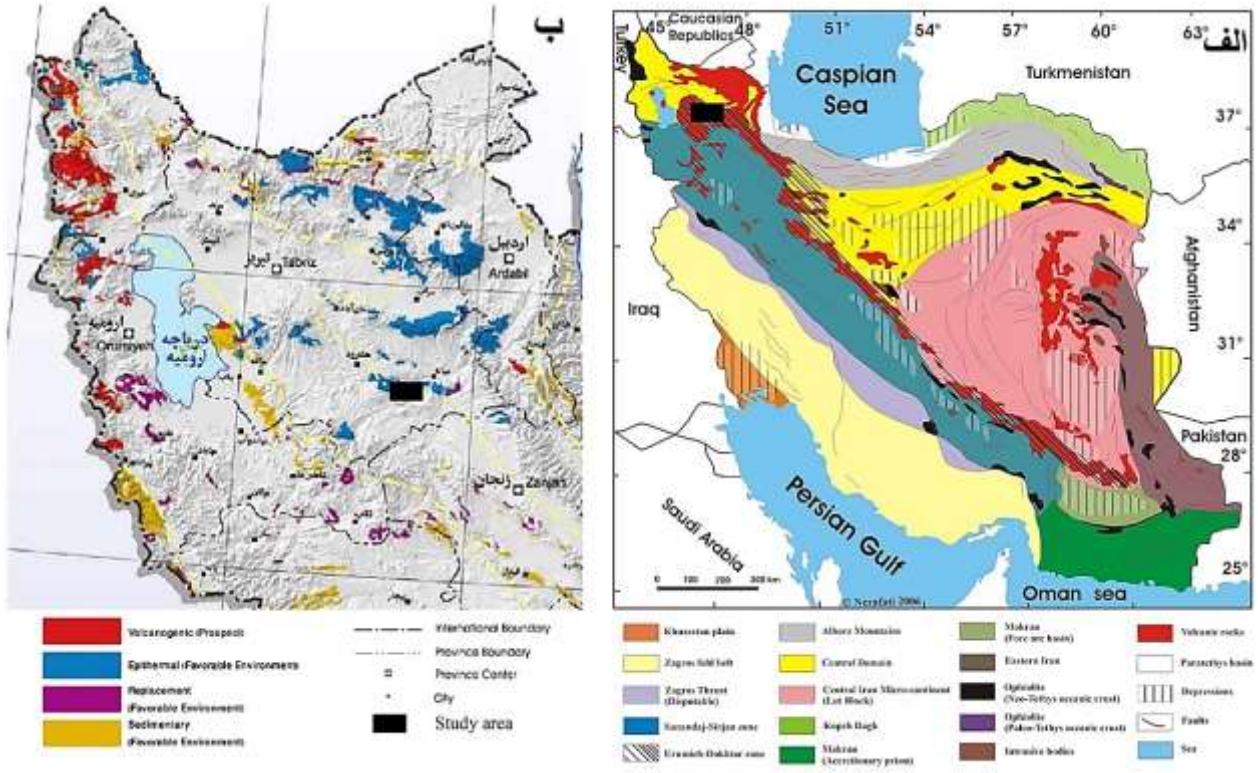
جمله ونارچ قم، رباط کریم، سبزوار، مروست، باغ قره) و چند نقطه با امکان بالای منگنز در واحدهای مختلف زمین‌شناسی از کامبرین آغازین تا میوسن – پلیوسن گزارش شده است [۴]. پژوهش‌های بررسی‌های متعددی پیرامون ذخایر منگنز در ایران انجام شده [۵-۹]، ولی تاکنون بررسی جامعی در مورد کانسار منگنز زرشلو انجام نگرفته است. در این پژوهش، مدل کانه‌زایی و چگونگی تشکیل کانسار منگنز بر پایه بررسی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، زمین‌شیمی، بافت و ساخت تعیین شده‌اند که می‌تواند برای پی‌جویی و بهره‌برداری معادن منگنز در سایر نقاط کشور مفید باشد.

زمین‌شناسی عمومی

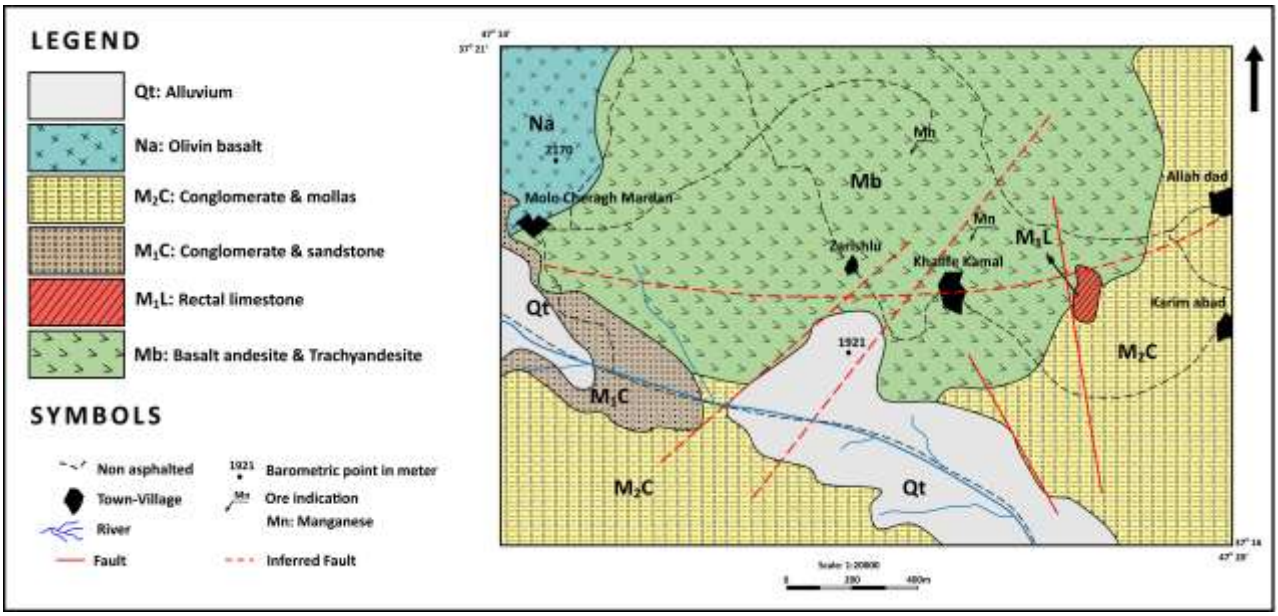
منطقه‌ی مورد بررسی در استان آذربایجان‌شرقی، شهرستان میانه، شمال روستای زرشلو و در بین طول‌های جغرافیایی ″۴۰ ′ ۱۸ °۴۷ تا ″۱۳ ′ ۱۸ °۴۷ شرقی و عرض‌های جغرافیائی ″۴۵ ′ ۱۷ °۳۷ تا ″۲۴ ′ ۱۸ °۳۷ شمالی و در ۳۹ کیلومتری جنوب-غرب میانه واقع است (شکل ۱). براساس تقسیم‌بندی زمین-شناسی و ساختاری ایران توسط نبوی [۱۰]، این منطقه بخشی از پهنه البرز – آذربایجان است که در نقشه‌ی ۱:۱۰۰۰۰۰ هشترود [۱۱] قرار دارد. با توجه به نقشه ۱:۲۰۰۰۰ منطقه [۱۱]، واحدهای سنگ‌چینه‌ای تشکیل‌دهنده آن شامل مجموعه‌ای از آذرآواری‌ها، لایه‌های ماسه‌سنگی توفی تیره رنگ، کنگلومرا، برش‌های آتشفشانی و گدازه‌های بازیک تا متوسط (با ترکیب آندزیت، آندزیت-بازالتی، تراکی آندزیت و بازالت) هستند. این واحدها گسترشی فراگیر دارند و از دوره الیگومیوسن-میوسن هستند (شکل ۲). واحد آندزیت بازالتی (Mb) بیشترین رخنمون را در منطقه دارند که کانه‌زایی منگنز دار آن رخ داده است (شکل۳). آهک‌های ریفی، مارن، گچ و نمک (M1L) بخشی از سازند قم هستند که بخش کوچکی از آن در منطقه برونزد دارد. واحد کنگلومرا و مولاس (M1C) که بخشی از سازند معادل تشکیلات قرمز بالایی است، به صورت همشیب روی واحدهای قدیمی‌تر قرار دارد. این واحد در قاعده دارای ماسه‌سنگ سنگ گچ‌دار و قرمز تیره رنگ با شیل و لای سنگ است که ماسه‌سنگ‌های حفره‌دار روی آن قرار دارند. کنگلومرا و ماسه‌سنگ (M2C) واحد سنگی دیگر منطقه بوده که بخشی از مجموعه آتشفشانی- رسوبی سهند است و گسترش به نسبت زیادی دارد. این واحد را سنگ‌های آذرآواری تشکیل داده‌اند و رسوب‌های آذرآواری به طور متناوب با کنگلومرا قرار دارند. این واحد به پیکر جریان گدازه بازیک (الیوین بازالت، Na) و حفره‌دار است و قطر حفره‌های آن گاهی به چند ۱۰ متر میلی‌متر می‌رسد. در کوه مولو، چراغ مردان و شرق آبادی کیسجین، رخنمون‌هایی دیده می‌شوند که از نظر سنی به دوره کواترنر وابسته هستند. این جریان به صورت ناهمساز بر واحدهای قدیمی‌تر قرار دارد و سرانجام با رسوب-های آبرفتی (Qt) شامل رسوب‌های جوان رودخانه‌ای، پوشیده می‌شود. رگه‌های منگنز موجود در منطقه زرشلو شیبی تقریباً قائم داشته و بیشتر رگه‌ها در راستای شمالی-جنوبی قرار دارند. این رگه‌ها با ضخامت قابل‌توجه، مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین بخش کانسار را تشکیل می‌دهند. شواهدی همچون آینه‌گسلی رگه‌های منگنز و شکستگی‌های شدید آنها نشان می‌دهند که زمین ساخت منطقه پس از تشکیل کانسار منگنز نیز فعال بوده است. با توجه به اطلاعات موجود درباره زمین‌ساخت منطقه آذربایجان، ناحیه میانه-هشترود، بازدیدهای صحرایی و همچنین گزارش‌های متعدد پیرامون ارتباط فعالیت ماگمایی و کانه‌زایی با زمین‌ساخت، فعالیت زمین‌ساختی ماگمایی منطقه بررسی شده است. بررسی‌های ناحیه‌ای نشان داده‌اند که در این منطقه یک سامانه گسلی راست‌گرد فعال است که از جمله می‌توان به گسل‌های راست‌گرد قرانقوچای و حسین‌خان-کلب‌کندی اشاره کرد. در اثر این سامانه، شکستگی‌های متعددی ایجاد شده‌اند. تقریباً همه گسل‌های موجود در این سامانه، از نوع راست‌گرد هستند و راستای شکستگی‌ها بیشتر شرقی-غربی است. طی فعالیت این گسل‌ها، بازشدگی‌های قابل‌توجهی عمود بر راستای آنها ایجاد شده است. گاهی که پایانه‌های دو گسل راست‌گرد یا چپ‌گرد همپوشی داشته باشند، بخش میان این دو گسل در معرض کشش قرار گرفته و ساختار کششی ایجاد می‌شود [۱۲]. در نتیجه، فعالیت محیط تراکششی در منطقه در معرض فعالیت گسل راست‌گرد تبریز و گسل‌های راست‌گرد فرعی و موازی آن در منطقه هشترود بوده است. این فعالیت با ایجاد شکستگی‌های عمود بر گسله‌ها از

https://www.magiran.com/p2890506 download date: 8/26/2025

چند راستا در تشکیل کانسار منگنز زرشلو مؤثر بوده، شرایط را برای تولید و حرکت سیال‌های گرمابی دربردارنده فلزها تسهیل کرده و سرانجام مسیرهایی برای نشست و نفوذ سیال‌های جوی و سطحی در مرحله برونزایی فراهم نموده است.

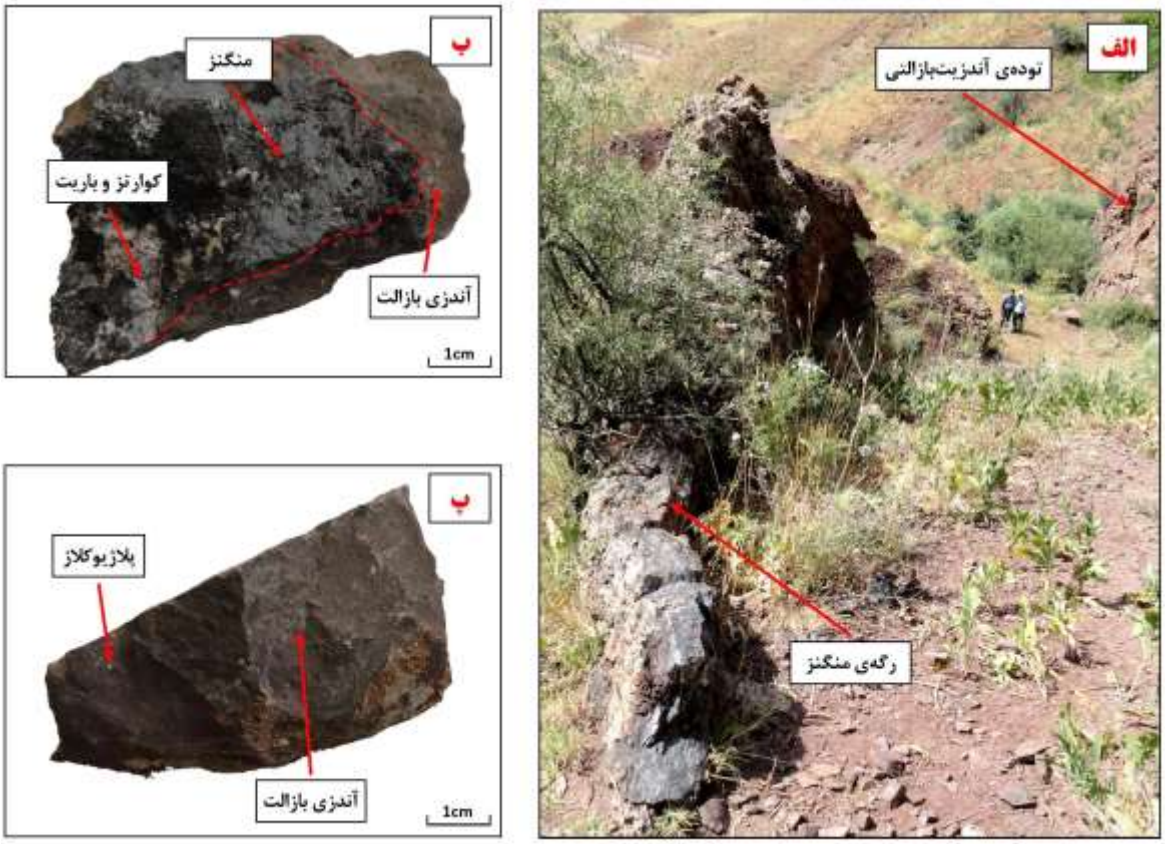


شکل ۱ الف) نقشه ساختاری ایران [۱۰]. ب) موقعیت منطقه مورد بررسی در نقشه توزیع کانسارهای منگنز ایران(سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور).



شکل۲ نقشه‌ی زمین‌شناسی منطقه‌ی مورد بررسی (برگرفته از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ هشترود [۱۱].)

download date: 8/26/2025
https://www.magiran.com/p2890506



شکل ۳ تصاویر صحرایی الف) رگه‌ی اصلی منگنز در منطقه به همراه سنگ دربرگیرنده‌ی آندزیت‌بازالتی (دید به سمت جنوب، ب) ته‌نشست منگنز بر سنگ آندزیت‌بازالتی به همراه کانی‌های باطله‌ی کوارتز و باریت و پ) تصویر نمونه‌ی دستی از آندزیت‌های بازالتی منطقه‌ی زرشلو که در برخی از آن‌ها کانی‌های پلاژیوکلاز دیده می‌شوند.

download date: 8/26/2025
https://www.magiran.com/p2890506

روش‌ها

پس از بررسی‌های اولیه به‌منظور آشنایی با سنگ‌شناسی منطقه و شیمی کانسنگ منگنز، بازدیدهای صحرایی انجام شد. طی آن، ۷۰ نمونه دستی برای بررسی‌های آزمایشگاهی و تهیه مقاطع میکروسکوپی و همچنین تجزیه‌های شیمیایی جمع‌آوری گردید. از این میان، ۸ مقطع نازک و ۷ مقطع صیقلی توسط سنگبری دانشگاه تبریز تهیه شد و پس از بررسی‌های میکروسکوپی، ۸ نمونه تقریباً سالم (۴ نمونه از سنگ‌های آندزیت‌بازالتی و ۴ نمونه از کانسنگ منگنز) برای تجزیه عناصر فرعی به روش طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) توسط شرکت زرآزما به آزمایشگاه شرکت Lab West استرالیا ارسال گردید (جدول ۱).

سنگ‌نگاری

نقشه زمین‌شناسی تهیه‌شده از منطقه مورد بررسی (شکل ۲) و بررسی‌های صحرایی نشان می‌دهد که منطقه زرشلو بیشتر از سنگ‌های آتشفشانی آندزیت بازالتی و نهشته‌های ایگنمبریتی تشکیل شده است. با توجه به حضور سنگ‌های آذرین در این منطقه و به منظور تعیین ارتباط آن‌ها با خاستگاه منگنز، این سنگ‌ها بررسی شدند که نتایج آن در ادامه بیان می شود.

آندزیت‌های بازالتی

این واحد اصلی‌ترین و گسترده‌ترین سنگ‌های منطقه را تشکیل می‌دهد. سنگ‌های این واحد، میزبان اصلی کانی‌سازی منگنز هستند (شکل ۳ الف). این سنگ‌ها از نظر ماکروسکوپی متراکم و سخت هستند و بیشتر به رنگ قرمز مایل به قهوه‌ای دیده می‌شوند. رنگ قرمز این آندزیت‌های بازالتی می‌تواند ناشی از اکسایش کانی‌های آهن‌دار فراوان موجود در آن باشد. سن این واحد به الیگومیوسن نسبت داده شده است [۱۱]. منگنز به همراه باطله‌هایی چون باریت و سیلیس در کنار آندزیت‌های بازالتی تشکیل شده است (شکل ۳ ب). بلورهای درشت پلاژیوکلاز با چشم غیر مسلح دیده می‌شوند (شکل ۳ پ).

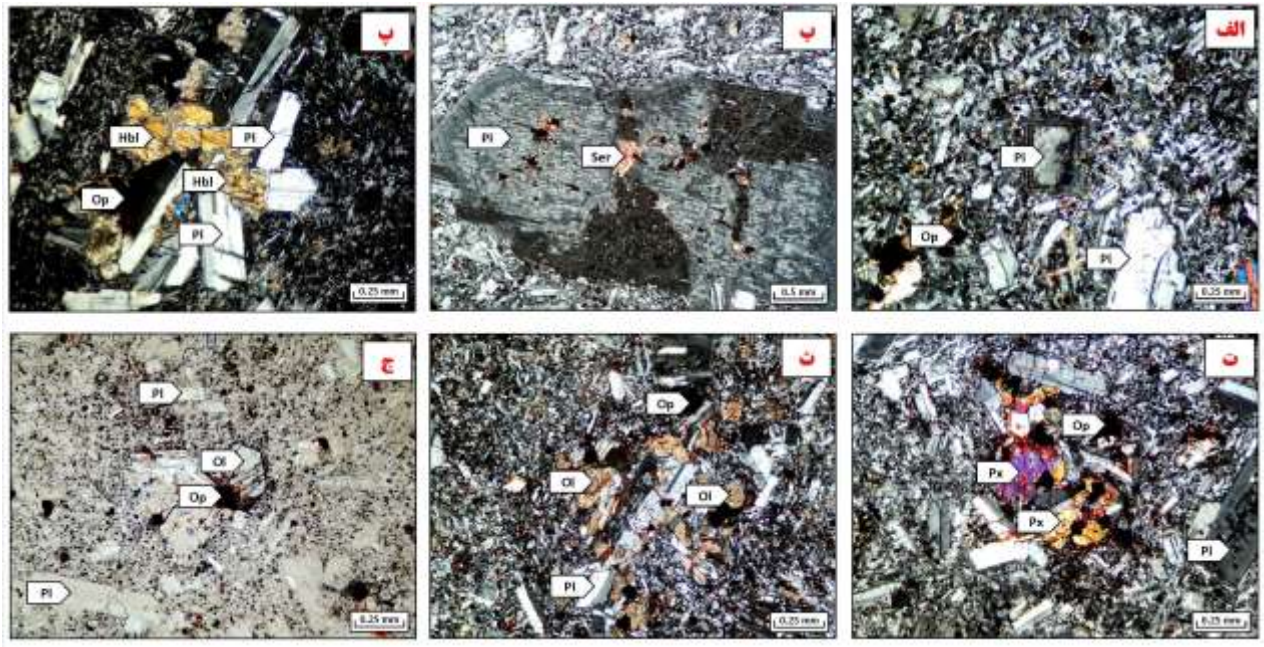
جدول ۱ نتایج تجزیه نمونه‌های مورد بررسی به روش ICP-Ms .

Element	Mn-۱	Mn-۲	Mn-۳	Mn-۴	Vo-۱	Vo-۲	Vo-۳	Ba
Ag	۷٫۶۰	۰٫۳۳	۱٫۹۰	۰٫۳۶	۱٫۴۰	۰٫۷۱	۱٫۹۰	۰٫۵۹
Al	۱۱۰۰٫۰۰	۷۴۸٫۰۰	۵۶۴٫۰۰	۸۵۷٫۰۰	۹۲۴۰٫۰۰	۸۱۱۰٫۰۰	۵۶۴٫۰۰	۲۳۳٫۰۰
As	۱۰۵۰٫۰۰	۱۳۲۰٫۰۰	۱۴۳۰٫۰۰	۱۳۴۰٫۰۰	۱۲۲٫۰۰	۳۶٫۲۰	۱۴۳۰٫۰۰	۱۴٫۰۰
Ba	۱۴۰۰٫۰۰	۲۰۴۰٫۰۰	۲۸۴۰٫۰۰	۱۸۴۰٫۰۰	۱۰۱۰٫۰۰	۹۲۶٫۰۰	۲۸۴۰٫۰۰	۱۸۱۰٫۰۰
Be	۱۲٫۵۰	۶٫۳۰	۶٫۴۰	۶٫۳۰	۱٫۹۰	۱٫۵۰	۶٫۴۰	< ۰٫۲
Bi	۰٫۵۰	۰٫۲۰	۰٫۳۰	۰٫۱۰	۰٫۲۰	۰٫۱۰	۰٫۳۰	۰٫۱۰
Ca	۸۶۶۰٫۰۰	۸۶۹۰٫۰۰	۱۵۹۰٫۰۰	۸۵۰۰٫۰۰	۵۰۹۰٫۰۰	۳۶۲۰٫۰۰	۱۵۹۰٫۰۰	۱۳۲۰٫۰۰
Cd	۰٫۹۹	۰٫۶۰	۰٫۴۸	۰٫۶۲	۰٫۵۵	۰٫۱۴	۰٫۴۸	< ۰٫۰۵
Ce	۵٫۵۶	۶۰٫۸۰	۵۴٫۳۰	۷۱٫۰۰	۸۹٫۶۰	۸۸٫۶۰	۵۴٫۳۰	۳٫۸۹
Co	۴٫۰۰	۱۶٫۹۰	۳۶٫۳۰	۱۸٫۲۰	۱۹٫۷۰	۱۷٫۰۰	۳۶٫۳۰	۰٫۶۰
Cr	۵۶٫۰۰	۱۳۱٫۰۰	۹۷٫۰۰	۱۵۴٫۰۰	۸٫۰۰	۷٫۰۰	۹۷٫۰۰	۵٫۰۰
Cs	۰٫۲۰	< ۰٫۱	۰٫۱۰	< ۰٫۱	۵٫۴۰	۲٫۵۰	۰٫۱۰	< ۰٫۱
Cu	۳۲۱٫۷۰	۷۹۸٫۵۰	۷۳۱٫۳۰	۷۸۷٫۰۰	۳۵۵٫۲۰	۲۸۵٫۳۰	۷۳۱٫۳۰	۱۱٫۰۰
Dy	۰٫۴۲	۴٫۷۹	۲٫۷۸	۶٫۲۴	۶٫۲۱	۶٫۱۸	۲٫۷۸	۰٫۱۱
Er	۰٫۳۰	۲٫۰۸	۱٫۳۷	۲٫۶۵	۳٫۸۵	۳٫۸۴	۱٫۳۷	< ۰٫۰۵
Eu	۲٫۵۸	۷٫۶۶	۷٫۰۷	۸٫۳۶	۲٫۱۶	۲٫۱۰	۷٫۰۷	۳٫۳۴
Fe	۲۵۷۰٫۰۰	۳۳۵۰٫۰۰	۱۰۳۰٫۰۰	۲۱۹۰٫۰۰	۵۳۸۰٫۰۰	۴۵۳۰٫۰۰	۱۰۳۰٫۰۰	۳۷۶۰٫۰۰
Ga	۸٫۷۷	۱۳٫۰۰	۹٫۰۰	۱۴٫۷۰	۱۸٫۱۰	۱۷٫۴۰	۹٫۰۰	۰٫۲۲
Gd	۱۲٫۶۰	۲۶٫۰۰	۳۰٫۰۰	۲۶٫۴۰	۸٫۵۹	۸٫۵۲	۳۰٫۰۰	۱۵٫۷۰
Ge	۱۲٫۱۰	۸٫۱۵	۷٫۵۸	۸٫۷۹	۱٫۸۶	۱٫۴۵	۷٫۵۸	۰٫۴۰
Hf	۰٫۰۴	۰٫۰۴	۰٫۰۴	۰٫۰۶	۴٫۸۲	۴٫۷۶	۰٫۰۴	< ۰٫۰۲
Hg	۰٫۲۸	< ۰٫۰۵	< ۰٫۰۵	< ۰٫۰۵	< ۰٫۰۵	< ۰٫۰۵	< ۰٫۰۵	۰٫۰۹
Ho	۰٫۱۱	۰٫۹۱	۰٫۵۷	۱٫۱۷	۱٫۳۶	۱٫۳۵	۰٫۵۷	< ۰٫۰۲
In	۰٫۰۳	۰٫۴۰	۰٫۴۲	۰٫۴۰	۰٫۰۸	۰٫۰۸	۰٫۴۲	۰٫۰۳
K	۴۹۷٫۰۰	۴۴۱٫۰۰	۴۱۹٫۰۰	۵۳۸٫۰۰	۲۰۴۰٫۰۰	۱۷۳۰٫۰۰	۴۱۹٫۰۰	۱۰۷٫۰۰
La	۹٫۵۱	۵۵٫۶۰	۴۲٫۸۰	۶۱٫۴۰	۵۳٫۰۰	۵۱٫۷۰	۴۲٫۸۰	۵٫۰۷
Li	۸٫۵۰	۳٫۹۰	۵٫۴۰	۱٫۸۰	۱۱٫۵۰	۲۲٫۵۰	۵٫۴۰	۲٫۳۰
Lu	۰٫۱۱	۰٫۳۰	۰٫۳۲	۰٫۳۷	۰٫۶۱	۰٫۶۲	۰٫۳۲	۰٫۰۸
Mg	۴۵۲٫۰۰	۳۷۸٫۰۰	۳۳۰٫۰۰	۲۶۹٫۰۰	۳۲۴۰٫۰۰	۸۹۷۰٫۰۰	۳۳۰٫۰۰	۷۶٫۰۰
Mn	۲۰۲۰۰٫۰۰	۶۰۰۰۰٫۰۰	۴۱۳۰۰٫۰۰	۷۲۰۰۰٫۰۰	۳۳۴۰٫۰۰	۹۷۳٫۰۰	۴۱۳۰۰٫۰۰	۹۱۰٫۰۰
Mo	۱۲۰٫۰۰	۱۷۵٫۰۰	۱۵۷٫۰۰	۲۰۱٫۰۰	۷٫۱۰	۳٫۸۰	۱۵۷٫۰۰	۱٫۵۰
Na	۲۲۵٫۰۰	۲۱۳٫۰۰	۲۰۱٫۰۰	۲۱۱٫۰۰	۳۳۸۰٫۰۰	۳۱۰۰٫۰۰	۲۰۱٫۰۰	۹۲٫۰۰
Nb	< ۰٫۵	< ۰٫۵	< ۰٫۵	< ۰٫۵	۲۸٫۸۰	۲۷٫۶۰	< ۰٫۵	< ۰٫۵
Nd	۲٫۶۷	۲۸٫۰۰	۱۴٫۹۰	۳۴٫۸۰	۳۸٫۱۰	۳۷٫۸۰	۱۴٫۹۰	۱٫۰۴
Ni	۵٫۰۰	۷٫۰۰	۷٫۰۰	۷٫۰۰	۸٫۰۰	۶٫۰۰	۷٫۰۰	۲٫۰۰
P	< ۵	< ۵	< ۵	< ۵	۲۱۷۰٫۰۰	۱۸۹۰٫۰۰	< ۵	< ۵
Pb	۱۷۳۰٫۰۰	۱۵۶۰٫۰۰	۵۳۳۰٫۰۰	۱۸۵۰٫۰۰	۲۳۳٫۰۰	۳۸٫۴۰	۵۳۳۰٫۰۰	۲۵٫۵۰
Pr	۰٫۷۴	۷٫۳۳	۴٫۰۸	۹٫۱۱	۱۰٫۳۰	۱۰٫۲۰	۴٫۰۸	۰٫۳۱
Rb	۰٫۹۰	۰٫۷۰	۰٫۹۰	۰٫۸۰	۵۴٫۷۰	۴۷٫۲۰	۰٫۹۰	۰٫۲۰
Re	< ۰٫۰۱	< ۰٫۰۱	< ۰٫۰۱	< ۰٫۰۱	< ۰٫۰۱	< ۰٫۰۱	< ۰٫۰۱	< ۰٫۰۱
S	۴۶۱۰٫۰۰	۲۹۰۰٫۰۰	۲۴۸۰٫۰۰	۲۲۶۰٫۰۰	۱۵۲۰٫۰۰	۸۱۰٫۰۰	۲۴۸۰٫۰۰	۱۱۳۰٫۰۰
Sb	۱۵۸٫۰۰	۱۲۵٫۰۰	۵۶٫۲۰	۱۲۹٫۰۰	۴٫۶۰	۱٫۹۰	۵۶٫۲۰	۶٫۳۰
Sc	< ۱	< ۱	< ۱	< ۱	۲۰٫۰۰	۱۸٫۰۰	< ۱	< ۱
Se	۰٫۱۷	۰٫۱۲	۰٫۱۷	۰٫۱۵	۰٫۲۷	۰٫۲۵	۰٫۱۷	< ۰٫۰۵
Sm	۰٫۴۵	۶٫۰۹	۳٫۰۵	۸٫۰۱	۷٫۱۹	۷٫۱۱	۳٫۰۵	۰٫۲۰
Sn	۰٫۲۰	۰٫۳۰	< ۰٫۲	۰٫۳۰	۱٫۸۰	۱٫۶۰	< ۰٫۲	۰٫۴۰
Sr	۶۴۲٫۰۰	۱۵۰۰٫۰۰	۱۶۸۰٫۰۰	۱۵۸۰٫۰۰	۵۴۷٫۰۰	۴۷۵٫۰۰	۱۶۸۰٫۰۰	۹۱۷۰٫۰۰
Ta	< ۰٫۰۱	۰٫۱۱	< ۰٫۰۱	۰٫۶۲	۱٫۰۸	۱٫۱۰	< ۰٫۰۱	۰٫۱۶
Tb	۰٫۰۸	۱٫۰۰	۰٫۵۴	۱٫۲۸	۱٫۰۸	۱٫۰۷	۰٫۵۴	۰٫۰۳
Te	۱٫۷۰	< ۰٫۲	< ۰٫۲	۲٫۹۰	۰٫۲۰	۰٫۳۰	< ۰٫۲	۳٫۵۰
Th	۰٫۳۲	< ۰٫۰۲	۰٫۰۴	۰٫۱۰	۱۲٫۸۰	۱۲٫۶۰	۰٫۰۴	۰٫۰۳
Ti	۷۷٫۰۰	۳۹٫۰۰	۴۳٫۰۰	۳۸٫۰۰	۸۰۹۰٫۰۰	۷۱۷۰٫۰۰	۴۳٫۰۰	۲۱٫۰۰
Tl	۰٫۹۰	۲٫۸۰	۱۲٫۴۰	۲٫۹۰	۰٫۵۰	۰٫۳۰	۱۲٫۴۰	< ۰٫۱
Tm	۰٫۰۶	۰٫۲۶	۰٫۲۰	۰٫۳۳	۰٫۶۱	۰٫۵۹	۰٫۲۰	< ۰٫۰۵
U	۳٫۵۴	۴٫۸۷	۵٫۷۰	۵٫۳۴	۳٫۷۷	۳٫۶۸	۵٫۷۰	۰٫۰۳
V	۱۱۶٫۰۰	۲۳۷٫۰۰	۵۴۹٫۰۰	۲۸۲٫۰۰	۱۵۹٫۰۰	۱۴۶٫۰۰	۵۴۹٫۰۰	۲٫۰۰
W	۳۳٫۸۰	۱۹٫۶۰	۱۱٫۶۰	۲۱٫۱۰	۱٫۴۰	۱٫۳۰	۱۱٫۶۰	۰٫۴۰
Y	۵٫۸۱	۳۵٫۸۰	۲۲٫۷۰	۴۴٫۸۰	۳۶٫۹۰	۳۵٫۹۰	۲۲٫۷۰	۱٫۰۴
Yb	۱٫۲۳	۲٫۶۶	۳٫۰۸	۳٫۰۸	۳٫۸۱	۳٫۸۳	۳٫۰۸	۱٫۳۴
Zn	۱۰۶۰٫۰۰	۱۶۷۰٫۰۰	۱۸۲۰٫۰۰	۱۷۱۰٫۰۰	۴۲۱٫۰۰	۲۳۸٫۰۰	۱۸۲۰٫۰۰	۸۳۹٫۰۰
Zr	۲٫۰۰	< ۱	۱٫۰۰	۲٫۰۰	۱۸۴٫۰۰	۱۷۴٫۰۰	۱٫۰۰	< ۱
Mn/Fe	۷٫۸۶	۱۷٫۹۱	۴۰٫۰۹	۳۲٫۸۸	۰٫۶۲	۰٫۲۱	۴۰٫۰۹	۰٫۲۴
∑REE	۴۲٫۲۳	۲۰۳٫۴۸	۱۶۵٫۰۶	۲۳۴٫۲۰	۲۲۶٫۴۷	۲۲۳٫۳۱	۱۶۵٫۰۶	۳۱٫۱۸

download date: 8/26/2025
https://www.magiran.com/p2890506

کانی‌های تشکیل دهند این سنگ پلاژیوکلاز،هورنبلند، پیروکسن و الیوین هستند. پلاژیوکلاز به صورت شکل‌دار و نیمه شکل‌دار فراوان‌ترین درشت بلور سنگ‌های آندزیت بازالتی است که به صورت هم درشت بلور و هم ریز بلور در زمینه وجود دارد. پلاژیوکلازها به‌صورت بلورهای ریز و درشت با بافت غربالی و ساخت منطقه‌ای دیده می‌شوند (شکل‌های ۴ الف و ب). علت تشکیل این بافت، کاهش سریع فشار (صعود سریع ماگما) و یا تغییر فشار بخار آب ماگماست [۱۳]. دگرسانی پلاژیوکلازها در برخی نمونه‌ها سبب تشکیل سریسیت و کانی‌های رسی شده است. هورنبلند به همراه پلاژیوکلازها به صورت منشورهای کشیده‌ی شکل‌دار و نیمه شکل‌دار و گاهی به صورت بی‌شکل و در اندازه‌ی متوسط دیده می‌شود (شکل ۴ پ). مقدار این کانی در برخی مقاطع به ۱۰ - ۵ درصد حجمی نیز می‌رسد. همچنین بافت گلومروپورفیری ناشی از انباشت این کانی دیده می‌شود. پیروکسن به صورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار حضور دارد. در خمیره نیز پلاژیوکلازهایی با آرایش ضربدری دیده می‌شوند که پیروکسن‌ها فضای بین آن‌ها را پر کرده‌اند (شکل ۴ ت). کانی الیوین چند وجهی و گرد شده است و به صورت بلورهای کوچک دگرسان نیز دیده می‌شود (شکل ۴ ث). الیوین اغلب ایدنگزیتی شده که در نتیجه دگرسانی دما بالاست [۱۴]. گفتنی است که اغلب الیوین‌های غنی از آهن (فایالیت) به ایدنگزیت تبدیل می‌شوند (شکل ۴ ج).

زمینه‌ی این سنگ‌ها شیشه‌ای تا ریزسنگی بوده و فواصل ریزسنگ‌های پلاژیوکلاز با کانی‌های پیروکسن، الیوین و اکسید آهن پر شده است. این سنگ‌ها دارای بافت شیشه ریزسنگی پورفیری تا ریزسنگی پورفیری هستند. عمده‌ترین کانی‌های تیره در این سنگ‌ها اکسیدهای آهن و منگنز بوده که به صورت درشت بلور و نیز ریز دانه در متن سنگ پراکنده هستند. کانی‌های تیره در این سنگ‌ها به صورت بلورهای شکل‌دار تا بی شکل در همه نمونه‌ها دیده می‌شوند. کانی‌های تیره حدود ۲ درصدِ حجمی مقاطع مورد بررسی را تشکیل می‌دهند. برخی از این کانی‌ها از دگرسانی کانی‌های فرومنیزین به وجود آمده و پیرامون این کانی‌ها تمرکز یافته‌اند.



شکل ۴ تصاویر میکروسکوپی سنگ‌های آندزیت بازالتی، الف) بافت پورفیری با خمیره ریزسنگی، درصد بالای ریزسنگ و درشت بلور پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی، ب) پلاژیوکلاز با بافت غربالی و سریسیتی شده، پ) بلورهای هورنبلند با بافت گلومروپورفیری، ت) بلورهای پیروکسن در بر گرفته شده با پلاژیوکلازها، ث) بلورهای الیوین دارای بافت گلومروپورفیری به همراه پلاژیوکلاز در زمینه ای با بافت دانه ریز و ج) الیوین شکل‌دار شش وجهی ایدنگزیتی شده (نشانه‌های اختصاری از وینتی [۱۵]).

download date: 8/26/2025
https://www.magiran.com/p2890506

download date: 8/26/2025
https://www.magiran.com/p2890506

ایگنمبریت

واحد ایگنمبریتی که در بررسی‌های صحرایی در کانسار زرشلو شناسایی شده است، در نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰،۰۰۰ هشترود مشخص نشده است. این واحد با رخنمون‌های قابل توجه خود، بخشی از توالی سنگی منطقه را تشکیل داده و به سن میوسن است [۱۱]. در بخشی از منطقه‌ی مورد بررسی، فرسایش پوست پیازی دیده شده است. این فرسایش به دو صورت فیزیکی و شیمیایی ایجاد می‌شود. به نظر می‌رسد که هوازدگی پوست پیازی منطقه‌ی زرشلو بیشتر ناشی از عوامل فیزیکی است (شکل ۳ پ). بیشتر ایگنمبریت‌های منطقه از خاکسترهای شیشه‌ای به هم چسبیده تشکیل شده‌اند. در این سنگ‌ها، اغلب انبوهه‌ای از اکسیدهای آهن و کانی‌های ثانویه‌ای چون کانی‌های رسی نیز دیده می‌شود. در برخی از مناطق، بیگانه سنگ‌های درشت بلور و خرد شده در زمینه‌ی خاکستر-های شیشه‌ای وجود دارند (شکل ۳ ب).

کانی نگاری کانسنگ منگنز منطقه‌ی مورد بررسی

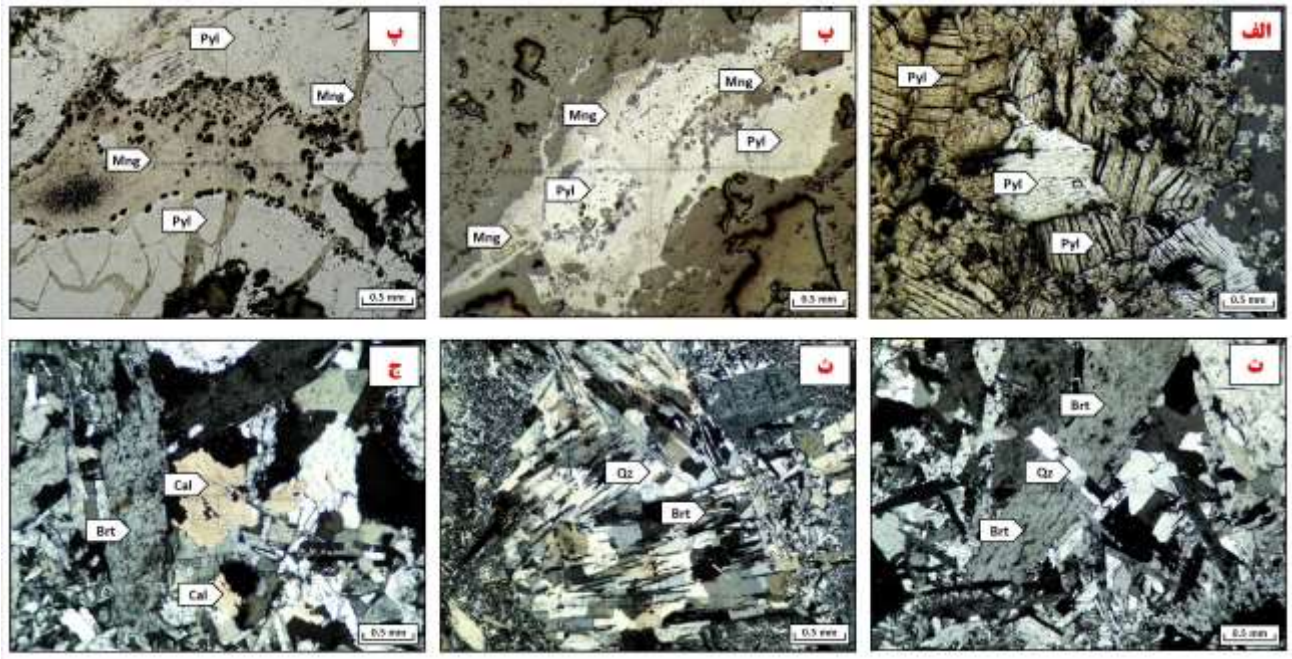
ماده‌ی معدنی منگنز به صورت رگه‌ای با شیب تقریباً قائم بوده که به علت سختی و پایداری در برابر هوازدگی، کاملاً برجسته و بر جای مانده است. رنگ رگه‌ها از قرمز جگری و قهوه‌ای (آهن فراوان) تا سیاه تغییر می‌کند. بیشتر دنباله‌ی رگه‌ها در روی زمین قابل تشخیص نیست (شکل ۳ الف). از آنجا که برخی رگه‌ها بموازی با گسل ها با راستای ۶۰ درجه هستند، گمان می‌رود که کانی‌سازی در منطقه با این گسل‌ها در ارتباط بوده است. با توجه به روند مشخص رگه‌های منگنز چنین برداشت می‌شود که این کانی‌سازی درون شکافی از پیش موجود انجام شده که پس از انباشت منگنز، دوباره چند بار خود رگه نیز در اثر زمین ساخت فعال منطقه شکسته و تغییراتی در مسیر آن ایجاد شده است. ویژگی مهم منطقه، سختی زیاد رگه‌ی منگنز، خلوص بالا و کم بودن مقدار کانی‌های باطله در آن است. این ویژگی‌ها آشکارا نشان می‌دهند که رگه‌ی منگنز با فرآیند گرمابی درونزایی تشکیل شده است، زیرا یک سیال گرمابی برآمده از ماگمای نفوذی می‌تواند این حجم از اکسید منگنز را بدون آمیخته کردن با رسوب های سطحی درون رگه رسوب دهد. در کانسار منگنز زرشلو، دو کانه‌ی مهم منگنز شامل پیرولوسیت و منگانیت و دو کانی مهم باطله شامل سیلیس و باریت شناسایی و بررسی شدند. کانی پیرولوسیت به‌عنوان فراوان‌ترین کانه منگنز در منطقه شناخته می‌شود و رنگ آن از زرد مایل به خاکستری تا زرد مایل به قهوه‌ای متغیر است. این کانی دارای رخ نامنظم تا کمی منظم، چندرنگی ضعیف و ناهمسانگردی بسیار شدید است که آن را به‌راحتی از سایر کانی‌های منگنز متمایز می‌کند. بر اساس شواهد صحرایی موجود، می‌توان پیرولوسیت را به‌عنوان یک کانی اولیه (گرمابی درونزاد) در نظر گرفت. این کانی به‌صورت رگه و رگچه‌های با ضخامت‌های متفاوت در منطقه حضور دارد. فراوانی پیرولوسیت (بیش از ۸۰٪) را می‌توان ناشی از مقدار بالای منگنز در سیال گرمابی شکل گرفته از یک توده‌ی نفوذی غنی از آن دانست که با فشار درون شکستگی‌های منطقه تزریق شده و به علت تغییر در شرایط فیزیکوشیمیایی در آن رسوب کرده است (شکل ۵ الف). منگانیت پس از پیرولوسیت فراوان‌ترین کانی موجود در کانسار منگنز زرشلو است. این کانی با رنگ خاکستری تا خاکستری مایل به قهوه‌ای، رخ مشخص و ناهمسانگردی شدید از سایر کانی‌های منگنز تشخیص داده می‌شود. بافت منگانیت در کانسار زرشلو به نسبت متنوع است. این کانی در اصل به صورت انبوهه‌های بسبلوری و گاه سیمان بین قطعه های برشی دیده می‌شود. رایج‌ترین بافت آن توده‌ای شامل بلورهای نیمه شکلدار است. بررسی های میکروسکوپی نشان می‌دهد که در منطقه‌ی زرشلو، منگانیت ثانویه است. این کانی پس از تشکیل کانسار به دلیل تغییر شرایط محیطی به ویژه افزایش گریزندگی اکسیژن و اثر محلول‌های برونزادی، جانشین کانی پیرولوسیت شده است (شکل‌های ۵ ب و پ).

در کانسنگ منگنز زرشلو، به طور کلی بافت‌های گل‌کلمی، کلیه‌ای، دارینه‌ای، نواربندی هم مرکز و رشد کروی پیزولیتی بسیار دیده می‌شوند. این کانه‌ها همچنین به صورت بلورهای تیغه‌ای کوچک و نیز بلورهای سوزنی وجود دارند. بافت گل-کلمی دیده شده در نمونه‌های دستی و میکروسکوپی منگنز اغلب نتیجه ته‌نشست از محلول‌هاست (شکل‌های ۶ الف و ب). بافت دارینه‌ای منگنز روی سطح شکستگی برخی از سنگ‌های منطقه، دیده می‌شود که نشانگر ثانویه بودن آن‌هاست (شکل ۶ پ).

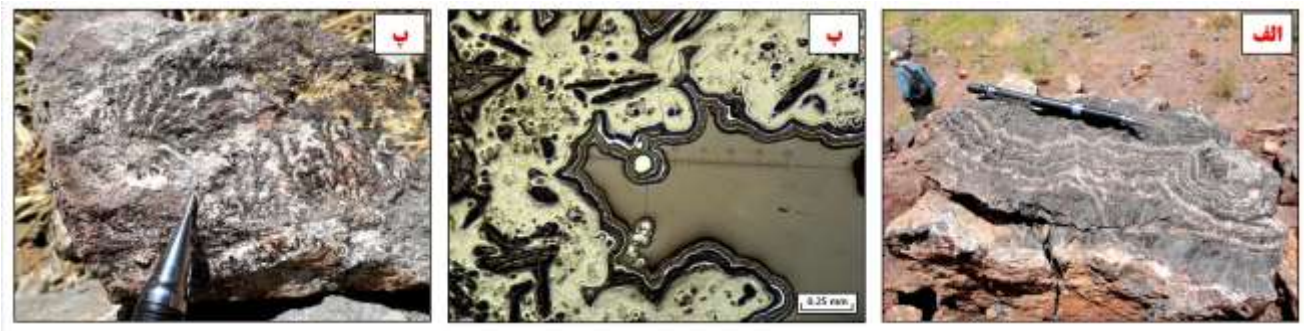
باریت به صورت رگه‌های با ضخامت و طول ناچیز در گستره کانسار منگنز زرشلو درون واحد کانه‌دار و گسل‌ها به همراه کوارتز و کلسیت دیده می‌شود. از نظر همبرزایی، این باریت‌ها به احتمال بسیار از دو نسل هستند. باریت نسل اول همزمان با تشکیل رگه‌های منگنز توسط سیال حامل منگنز

حمل و نهشته شده است (شکل ۵ ث). باریت نسل دوم که بیشتر در فضاهای خالی و شکستگی‌های رگه‌های منگنز تشکیل شده و به احتمال بسیار نتیجه دو عامل است، یکی دگرگونی کانی رومنشیت یا پسیلوملان (دارای ۱۶٫۵ درصد BaO) به پیرولوسیت که طی آن، مقدار قابل توجهی باریم آزاد می‌شود و این باریم در شرایط سطحی قادر به تشکیل رگه‌های باریت است [۱۶] و دیگری اثر فرآیندهای برونزایی و انحلال باریت‌های اولیه و رسوب در فضاهای خالی و شکستگی‌ها.

در این کانسار، سنگ‌های آتش‌فشانی میزبان ماده‌ی معدنی در قرار داشته و در ترکیب خود مقادیر قابل توجهی سیلیس دارند. در اثر فرآیندهای مختلف از جمله فرآیندهای درونزایی (سیال گرمابی) و برونزایی، مقداری سیلیس وارد رگه‌های منگنز شده و با کانسنگ همراه می‌شود. همچنین سیلیس را می‌توان به عنوان یک باطله‌ی مضر به شمار آورد که افزایش مقدار آن از ارزش کانسنگ می‌کاهد. در برخی مقاطع میکروسکوپی، بلورهای کوارتز روی باریت‌ها تشکیل شده‌اند که نشان دهنده تشکیل آن‌ها سپس از باریت‌هاست (شکل ۵ ت). اکسیدهای آهن، چون هماتیت و گوتیت از دیگر کانی‌های باطله در کانسنگ منگنز زرشلو هستند. همچنین بلورهایی از کلسیت در مقاطع دیده می‌شوند که از نظر مقدار، کم اهمیت‌ترین کانی‌های باطله هستند (شکل ۵ ج).



شکل ۵ تصاویر میکروسکوپی: الف) بلورهای پیرولوسیت با رنگ زرد مایل به قهوه‌ای و رخ نامنظم تا کمی منظم، ب) جانشینی منگانیت از کناره‌های بلور پیرولوسیت، پ) جانشینی بلورهای پیرولوسیت با منگانیت که باعث از هم گسستن بلور پیرولوسیت شده است، ت) بلور کوارتز تشکیل شده بر باریت‌های نسل اول، ث) باریت‌های شعاعی نسل دوم که بر بلورهای سیلیس تشکیل شده‌اند و ج) بلورهای کلسیت.



شکل ۶ الف) بافت گل‌کلمی در نمونه‌ی. ب) بافت گل‌کلمی در مقاطع صیقلی بررسی شده. پ) بافت دارینه‌ای منگنز بر سطح شکستگی سنگ‌های

download date: 8/26/2025
https://www.magiran.com/p2890506

همبرزایی

بر اساس بررسی‌های انجام شده در منطقه، بر نمونه‌های دستی و میکروسکوپی، توالی تشکیل کانی‌های موجود در واحد کانه‌دار و رگه‌های منگنز کانسار زرشلو مشخص شد (شکل ۷). کانی پیرولوسیت به احتمال بسیار نخستین کانی است که در سیر دگرگونی کانسار به وجود آمده است. پیرولوسیت در گستره وسیعتری از دگرگونی های کانسار تشکیل شده است. در منطقه‌ی مورد بررسی، پیرولوسیت در یک مرحله (گرمابی درونزایی) شکل گرفته است. کانی منگانیت به عنوان کانی ثانویه، به دلیل افزایش گریزندگی اکسیژن و اثر محلول‌های برونزاد آبدار از پیرولوسیت تشکیل شده است (مرحله‌ی برونزایی). سرانجام سیلیس در اثر فرآیندهای مختلف از جمله فرآیندهای درونزادی و برونزادی، به حالت محلول درآمده و درون حفره‌ها و شکستگی رگه‌های منگنز ته نشین شده است.

زمین شیمی

برای بررسی‌های زمین‌شیمی، ۷ نمونه با کمترین دگرسانی از سنگ‌های آندزیت‌بازالتی و کانسنگ منگنز به روش ICP-MS تجزیه شدند. نسبت Mn/Fe در نهشته‌های گرمابی کمتر از ۰/۱ تا بیشتر از ۱۰ است. این در حالی است که این نسبت برای نهشته‌های آبزاد برابر ۱ است [۱۷]. مقادیر بالا و پایین نسبت Mn/Fe نشانگر جدایش شدید این دو عنصر در محیط‌های رسوبی است [۱۸]. در کانسارهای منگنز گرمابی این نسبت ممکن است به بیش از ۴۰ نیز برسد [۱۹]، درحالی که در کانسارهای منگنز غنی از آهن، این نسبت می‌تواند زیر ۰/۵ باشد [۲۰]. میانگین نسبت Mn/Fe در کانسنگ منگنز زرشلو حدود ۲۵ است. این نسبت بالامی‌تواند نشانگر نهشت منگنز از سیال‌های گرمابی باشد. در واقع، نهشت آهن پیش از منگنز از این سیال‌ها به صورت جداگانه، می‌تواند دلیل نسبت بالای Mn/Fe باشد [۲۱].

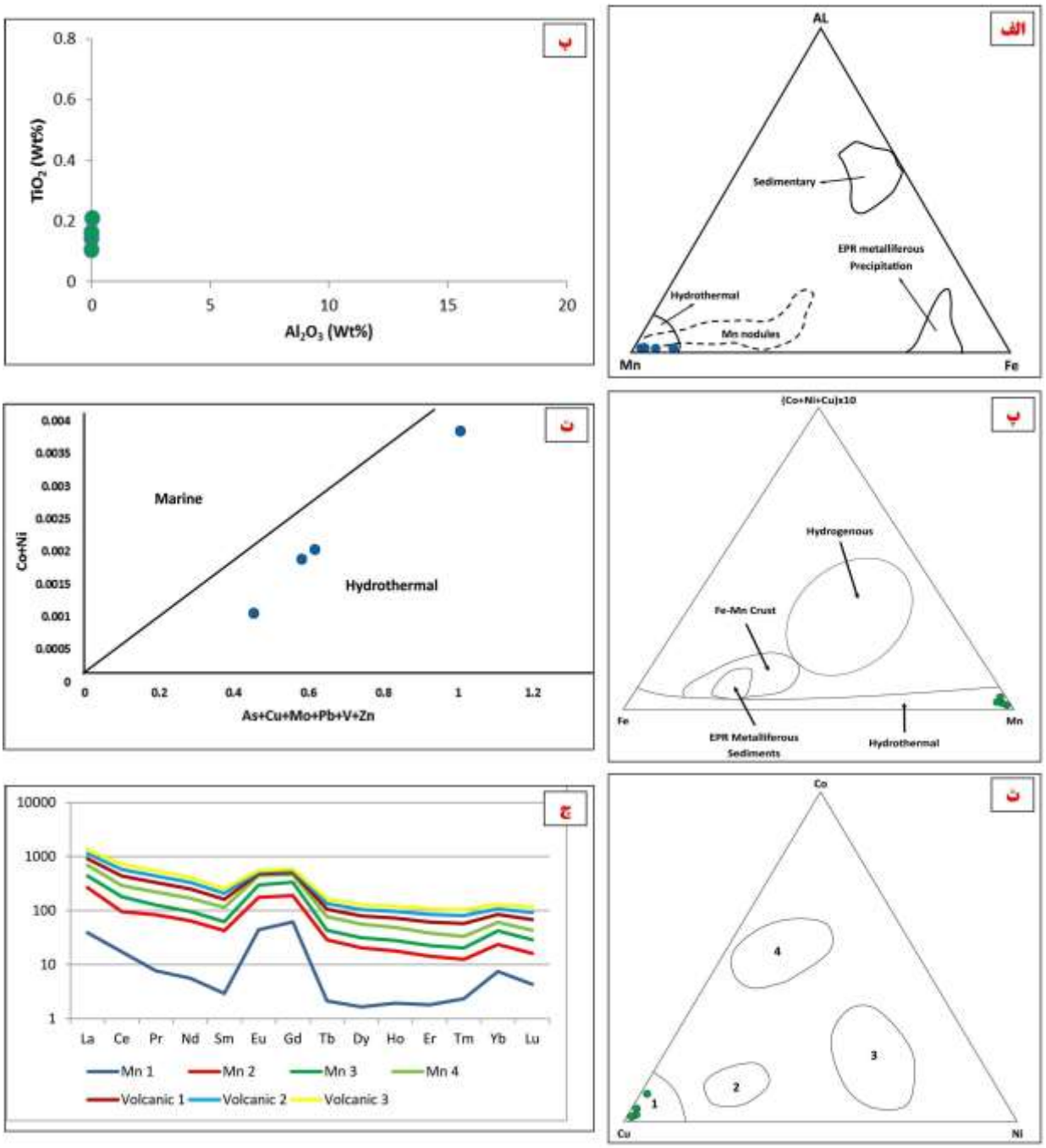
در کانسنگ منگنز زرشلو، میانگین اورانیوم و توریم به ترتیب ۴/۸ ppm و ۰/۱۵ ppm بوده و نسبت U/Th برابر با ۳۲ است. برخی پژوهشگران از نسبت U و Th به عنوان شاخصی برای تشخیص نهشته شدن سریع این عناصر طی فرآیندهای گرمابی و یا فرآیندهای ناشی از ورود رسوب های آواری به حوضه رسوبی استفاده میکنند. نسبت U/Th بالا می‌تواند نشانگر نهشت این عناصر از سیال های گرمابی و اثر کمتر مواد آواری باشد [۲۲]. در منطقه‌ی مورد بررسی نیز، بالا بودن این نسبت، نشان می‌دهد که در تشکیل کانسار منگنز زرشلو فرآیندهای گرمابی درونزایی نسبت به فرآیند برونزایی غالب بوده است.

بر پایه شکل ۸ الف که بیشتر برای کانسارهای غنی از آهن به کار می‌رود و به باور فلور [۲۳]، برای کانسارهای غنی از منگنز فقط جای آهن و منگنز در نمودار عوض می‌شود، نمونه-های کانسار زرشلو در بخش گرمابی قرار داشته و به دلیل داشتن منگنزِ بیشتر نسبت به آهن از قطب Fe فاصله دارند.



شکل ۷ توالی پاراژنزی کانی‌های کانسنگ منگنز زرشلو.

download date: 8/26/2025
https://www.magiran.com/p2890506



شکل ۸ الف) نمودار مثلثی بر اساس فراوانی سه عضو انتهایی Al - Fe - Mn [۲۳] و موقعیت نمونه‌های معدن منگنز زرشلو بر آن. ب) موقعیت نمونه‌ها در نمودار TiO_2 - Al_2O_3 [۲۴]. پ) نمودار مثلثی بر اساس فراوانی سه عضو Fe - Mn - (Ni + Co + Cu) [۲۶،۱۸] و موقعیت کانسنگ منگنز زرشلو. ت) نمودار دومتغیره مجموع فراوانی (As + Cu + Mo + Pb) نسبت به (Co + Ni) [۲۷] برای تفکیک نهشته‌های گرمابی از دریایی. ث) موقعیت نمونه‌های کانسنگ منگنز زرشلو در نمودارسه‌تایی Ni - Cu - Co [۲۷] ۱) نهشته‌های گرمابی ۲) نهشته‌های آتشفشان‌زاد ۳) گرهک‌های منگنز ۴) نهشته‌ی رسوبی. ج) نمودار عنکبوتی عناصر خاکی نادر در نمونه‌هایی از سنگ میزبان و کانسنگ بهنجار شده به کندریت [۲۸].

download date: 8/26/2025
https://www.magiran.com/p2890506

مقادیر به نسبت بالای Ti در کانسارهای منگنز می‌تواند بیانگر آمیختگی با مواد آواری طی رسوبگذاری باشد. از آنجا که هر دو عنصر Ti و Al خاستگاه خاکزاد دارند، همبستگی بسیار خوب و مثبت این دو عنصر در یک کانسار می‌تواند بیانگر خاستگاه خاکزاد برای آن کانسار باشد [۲۴]. از این رو، در کانسارهای گرمابی زیر دریایی، مقادیر کم Ti با انباشت پایین Al همخوانی دارد. در نمونه‌های کانسار زرشلو، این مقادیر کم بوده که نشان‌دهنده‌ی آمیخته نشدن مواد آواری طی رسوبگذاری کانسنگ منگنز است. این امر اثر فرآیند گرمابی درونزایی در تشکیل کانسار منگنز زرشلو را تائید می‌کند (شکل ۸ ب). مجموع غلظت عناصر Co، Ni و Cu در مقایسه با Fe و Mn می‌تواند به عنوان شاخصی برای تفکیک انواع نهشته‌های منگنز به کار رود.

کانسارهای گرمابی نسبت به انواع آبزاد دارای مقادیر کمتری از عناصر کمیاب هستند. اکسیدهای آبدار منگنز و آهن به عنوان عوامل روبشی می‌توانند عناصر نام برده را در خود متمرکز کنند [۲۵]. فقر شدید این گروه از عناصر در نهشته‌های منگنز تیغه میان اقیانوسی اطلس که نرخ رسوبگذاری بالایی دارند نیز دیده می‌شود. در نمودار سه متغیره Fe - Mn - (Ni + Co + Cu) × 10 ، نمونه‌های کانسنگ منگنز زرشلو، در گستره‌ی گرمابی جایابی می‌شود (شکل ۸ پ) [۱۸، ۲۶]. در شکل ۸ ت، سیال‌های حمل کننده‌ی منگنز از عناصری چون Zn, Pb, Mo, Cu و As غنی‌شدگی نشان می‌دهند [۲۷]. در مقابل، غنی‌شدگی این عناصر در منگنزهای آبزاد که بر کف دریا شکل می‌گیرند بسیار کمتر است. بر پایه این عناصر می‌توان نهشته‌های منگنز گرمابی را از انواع غیرگرمابی تفکیک کرد. بر اساس نمودار رسم شده، کانسنگ منگنز زرشلو در گستره گرمابی قرار می‌گیرد. همچنین بر اساس نمودار Cu - Ni - Co (شکل ۸ ث) کانسارهای تشکیل شده توسط فرآیندهای آتش‌فشانی و گرمابی بیشترین مقدار مس را دارند [۲۷] و نمونه‌های منگنزدار و آهن‌دار منطقه‌ی مورد بررسی نیز به علت غنی بودن عنصر مس در گستره کانسارهای گرمابی قرار می‌گیرند.

یکی از تفاوت‌های اساسی کانسارهای آبزاد و گرمابی، میزان غنی‌شدگی این دو گروه کانسار نسبت به عناصر خاکی نادر (REE). ∑REE در کانسارهای آبزاد غنی‌شدگی بالایی را نشان می‌دهند. این درحالی است که مقدار ∑REE در کانسارهای گرمابی به طور مشخص پایین است. به طور کلی ∑REE در کانسارهای گرمابی حدود ۱۰۰ppm بوده، ولی این مقدار در کانسارهای آبزاد نزدیک به ۱۰۰۰ppm است [۱۹]. مقدار ∑REE برای کانسار منگنز زرشلو حدود ۱۶۲ ppm بدست آمده است که با انواع گرمابی بیشتر همخوانی دارد. تفاوت بارز کانسارهای آبزاد و گرمابی در ارتباط با الگوی ناهنجاری Ce آنهاست، به طوری که ناهنجاری Ce در کانسارهای آبزاد مثبت است ولی اکسیدهای فرومنگنز گرمابی اغلب دارای ناهنجاری Ce منفی هستند. کانسارهای Fe - Mn گرمابی اغلب با ناهنجاری‌های منفی Ce و مثبت Eu مشخص می‌شوند [۲۴]. ناهنجاری‌های ضعیف منفی Ce و مثبت Eu در شکل ۸ ج بیانگر گرمابی بودن کانسنگ منگنز زرشلو است [۲۸]. از آنجا که نمودارهای رسم‌شده برای نمونه‌های منگنز و نمونه‌های سنگ آندزیت-بازالتی از یک روند مشخص پیروی می‌کنند، می‌توان فرض کرد که خاستگاه منگنزهای منطقه زرشلو از سنگ دربرگیرنده آندزیت-بازالتی باشد (فرآیند برونزایی). همچنین، ماگمای مادر آندزیت‌های بازالتی منطقه می‌تواند با سیال‌های گرمابی حمل‌کننده منگنز یکسان باشد (فرآیند گرمابی درونزایی). با توجه به مطالب بیان شده، این فرضیه محتمل‌تر به نظر می‌رسد و توده نفوذی نیز با سنگ‌های آتشفشانی آذرین همخوانی دارد و سیال‌های ناشی از آن ممکن است حامل منگنز باشند.

خاستگاه کانسار منگنز زرشلو

تشکیل و تمرکز ماده‌ی معدنی مستلزم عوامل گوناگونی است که از زمان تشکیل تا به حال به طور مداوم بر آن اثر داشته‌اند. نقش عوامل مختلف در تشکیل و تمرکز ماده‌ی معدنی در کانسار زرشلو بررسی شد. فعالیت گرمابی در مقیاس ناحیه‌ای کانسارها و نهشته‌های متعددی از مس، منگنز و خاک صنعتی را در منطقه‌ی زرشلو بوجود آورده است. سیال‌های شکل گرفته از توده‌ی نفوذی عمقی که دربردارنده عناصر و کانی‌های

download date: 8/26/2025
https://www.magiran.com/p2890506

مختلف از جمله منگنز و به احتمال بسیار مس هستند، طی بالا آمدن در مسیر خود توانسته‌اند با شستشوی منگنز و سایر عناصر از واحدهای گوناگون بویژه واحد کانه‌دار (آندزیت‌بازالتی) غنی‌تر شده و آن عناصر را در فضاهای باز گسل‌ها متمرکز نمایند. تداوم این عمل سبب تشکیل رگه‌های اقتصادی منگنز در منطقه‌ی معدنی شده است. طبیعی است که گسل‌های کششی در تمرکز ماده‌ی معدنی نقش مهم‌تری داشته‌اند.

بر پایه تجزیه‌ی سنگ‌های آتش‌فشانی آندزیت‌بازالتی که به عنوان سنگ دربرگیرنده‌ی رگه‌های کانه‌دار هستند، مقدار منگنز در این واحد به طور متوسط بالای ۳۵۰۰ ppm و گاهی بیش از این مقدار است. تخلخل (درزه و شکستگی) قابل توجه باعث شده است که فضاهای موجود با سیال‌های ماگمایی دارای منگنز پر شود. در مجموع، این سیال‌ها نقش مهمی در تشکیل ماده‌ی معدنی اولیه داشته‌اند و از این رو شاید بتوان فعالیت آتش‌فشانی و تشکیل این سیال‌ها را از مهم‌ترین عوامل در تشکیل رگه‌ی کانه‌دار دانست. پس از تشکیل همزمان این سیال‌ها و محیط فراگیر آن‌ها، ماده‌ی معدنی توانسته است از این سیال‌ها شکل گرفته و در بین قطعه‌های برشی ته‌نشست کند.

مواد معدنی تشکیل شده در کانسار منگنز زرشلو نیز پس از تشکیل در معرض فرآیندهای ثانویه از جمله فرآیندهای برونزایی قرار گرفته‌اند. بافت‌های گل‌کلمی در برخی از مناطق کانسار دیده می‌شود که نشانگر انحلال و ته‌نشست بسیار آرام منگنز از سیال‌های کم دمای جوی هستند و می‌توان آن‌ها را در نقاط مختلف کانسار بویژه در بخش‌های سطحی‌تر رگه‌ها در مقیاس‌های نمونه‌ی دستی و میکروسکوپی دید. تناوب‌های مکرر از نوارهای هم مرکز اکسیدهای منگنز می‌تواند گویای دوره‌های متعدد ایجاد شرایط مساعد برای انحلال و ته نشست منگنز باشد.

برداشت

واحدهای سنگی غالب منطقه‌ی زرشلو شامل نهشته‌های ایگنمبریتی و آندزیت‌بازالتی هستند. بر پایه نمودارهای زمین-شیمیایی، سنگ‌های آتش‌فشانی منطقه در گستره آهکی قلیایی قرار دارند. پیرولوسیت و منگانیت به عنوان کانه‌های اصلی و باریت، سیلیس و کلسیت به عنوان کانی‌های فرعی کانسار زرشلو هستند. عامل اصلی کانه‌زایی، توده‌های نفوذی و سیال های گرمابی شکل گرفته از آن‌ها هستند. در ادامه، عملکرد شدید نیروهای زمین‌ساختی که موجب ایجاد گسل‌ها، شکستگی‌ها و رگچه‌ها می‌شوند، مهم‌ترین عامل مهیا کننده‌ی شرایط کانی‌زایی به شمار می‌آید. این عوامل معبری مناسب برای حرکت و چرخه‌ی سیال های گرمابی کانه‌دار فراهم کرده و افزون بر این، باعث تمرکز رگه‌های کانه‌دار و افزایش عیار اقتصادی در این منطقه گردیده‌اند. از این رو، ترکیب این توده‌های نفوذی با سیال‌های گرمابی و ساختارهای زمین ساختی، زمینه‌ساز تشکیل ذخایر معدنی با عیارهای بالا و کیفیت مطلوب شده است. رگه‌ها در راستای پهنه‌های گسلی و کششی منطقه، اغلب با روند شمالی - جنوبی جای دارند. همراهی و میزبانی سنگ آتشفشانی آندزیت‌بازالتی با رگه‌ی اصلی منگنز بیانگر ارتباط کانی‌سازی با فعالیت‌های آتشفشانی است. نمودارها و شواهد زمین‌شیمیایی نشان می‌دهند که کانسار منگنز زرشلو وابسته به کانسارهای گرمابی است.

قدردانی

با سپاس و قدردانی فراوان از اساتید گرامی جناب آقای دکتر محمدرضا حسین زاده و دکتر محسن موید که در تدوین و نگارش این مقاله علمی همراهی و همکاری ارزشمندی داشته‌اند. مشارکت و دانش تخصصی ایشان نقش بسزایی در ارتقای کیفیت این پژوهش داشت و بدون شک، دستیابی به این موفقیت بدون همفکری و تلاش‌های استادان عزیزم میسر نبود. از صبر و حوصله، تعهد و دقت نظر دوستان و همکاران عزیزم دکتر امین اله کمالی و دکتر محمد فدائیان که در تمامی مراحل تحقیق، از طراحی مطالعه تا تحلیل نتایج و ویرایش نهایی، صمیمانه تشکر می‌کنم. امیدوارم این همکاری سرآغاز پروژه‌های مشترک آینده باشد و فرصت‌های بیشتری برای تبادل علم و تجربه فراهم گردد.

مراجع

[1] Polgári M., Hein J.R., Vigh T., Szabó-Drubina M., Fórizs I., B\'\iró L., Müller A., Tóth A.L.,

download date: 8/26/2025
https://www.magiran.com/p2890506

[10] Nabavi M.H., *"An Introduction to the Geology of Iran*", Geological Survey of Iran; Farsi, 1976; (In persian).
[11] Amini R., Ghadirzadeh A., *"Geological Map 1:100000 of Heshtrod*"; 2006; (In persian).
[12] Kearey P., Klepeis K.A., Vine F.J., *"Global Tectonics"*, John Wiley \& Sons, 2009;
[13] Renjith M.L., *"Micro-Textures in Plagioclase from 1994--1995 Eruption, Barren Island Volcano: Evidence of Dynamic Magma Plumbing System in the Andaman Subduction Zone"*, Geosci. Front. 2014, 5, 113–126.
[14] Shelly D., *"Igneous and Metamorphic Rocks under Microscope Chapman and Hall*", 1993.
[15] Whitney D.L., Evans B.W., *"Abbreviations for Names of Rock-Forming Minerals*", Am. Mineral. 2010, 95, 185–187, doi:10.2138/am.2010.3371.
[16] Amiri A., *"Study of Geology, Mineralogy, and Controlling Factors of Formation and Concentration of Mineral Matter in the Manganese Deposit of Rabat-Karim, Southwest of Tehran*", Tarbiat Modares University, 1995. (In persian).
[17] Rona P.A., *"Hydrothermal Mineralization at Oceanic Ridges. Can*", Mineral. 1988, 26, 431–465.
[18] Bonatti E., *"Metallogenesis at Oceanic Spreading Centers*", Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 1975, 3, 401–431.
[19] Usui A., Someya M., *"Distribution and Composition of Marine Hydrogenetic and Hydrothermal Manganese Deposits in the Northwest Pacific*", Geol. Soc. London, Spec. Publ. 1997, 119, 177–198.
[20] González F.J., Somoza L., Lunar R., Mart\'\inez-Fr\'\ias J., Rub\'\i J.A.M., Torres T., Ortiz J.E., D\'\iaz-del-R\'\io V., *"Internal Features, Mineralogy and Geochemistry of Ferromanganese Nodules from the Gulf of Cadiz: The Role of the Mediterranean Outflow Water Undercurrent*", J. Mar. Syst. 2010, 80, 203–218.
[21] Roy S., *"Manganese Metallogenesis*", A Review. Ore Geol. Rev. 1988, 4, 155–170.
[22] Heshmatbehzadi K., Shahabpour J., *"Metallogeny of Manganese and Ferromanganese Ores in Baft Ophiolitic Mélange, Kerman, Iran"*, Aust. J. Basic Appl. Sci. 2010, 4, 302–313.
"Microbial Processes and the Origin of the Úrkút Manganese Deposit", Hungary. Ore Geol. Rev. 2012, 47, 87–109.
[2] Oksuz N., *"Geochemical Characteristics of the Eymir (Sorgun-Yozgat) Manganese Deposit*", Turkey. J. Rare Earths 2011, 29, 287–296.
[3] Prakash L.S., Ray D., Paropkari A.L., Mudholkar A. V., Satyanarayanan M., Sreenivas B., Chandrasekharam D., Kota D., Raju K.A.K., Kaisary S., et al., *"Distribution of REEs and Yttrium among Major Geochemical Phases of Marine Fe--Mn-Oxides: Comparative Study between Hydrogenous and Hydrothermal Deposits*", Chem. Geol. 2012, 312, 127–137.
[4] Maghfouri S., Rastad E., Movahednia M., Lentz D.R., Hosseinzadeh M.R., Ye L., Mousivand F., *"Metallogeny and Temporal--Spatial Distribution of Manganese Mineralizations in Iran: Implications for Future Exploration*", Ore Geol. Rev. 2019, 115, 103026.
[5] Rajabi A., Canet C., Rastad E., Alfonso P., *"Basin Evolution and Stratigraphic Correlation of Sedimentary-Exhalative Zn--Pb Deposits of the Early Cambrian Zarigan--Chahmir Basin*", Central Iran. Ore Geol. Rev. 2015, 64, 328–353.
[6] Mosadegh M., *"Mineralogy, Geochemistry and Genesis of the Halalan Mn Deposit, Moalleman Area, South of Damghan"*, Unpubl. M. Sc. thesis, Shahrood Univ. Technol. Shahroud, Iran 2015.(In persian).
[7] Rajabzadeh M.A., Haddad F., Polgári M., Fintor K., Walter H., Molnár Z., Gyollai I., *"Investigation on the Role of Microorganisms in Manganese Mineralization from Abadeh-Tashk Area, Fars Province, Southwestern Iran by Using Petrographic and Geochemical Data"*, Ore Geol. Rev. 2017, 80, 229–249.
[8] Mahdavi M., Dabiri R., Hosseini E.S., *"Magmatic Evolution and Compositional Characteristics of Tertiary Volcanic Rocks Associated with the Venarch Manganese Mineralization, SW Qom, Central Iran*", Earth Sci. Res. J. 2015, 19, 141–145.
[9] Aminzadeh B., Rahimpour Y., *"Geology, Geochemistry and Genesis of the Godar Sabz Mn Deposit in the Baft Region, Iran*", Geochemistry 2021, 81, 125827.

download date: 8/26/2025
https://www.magiran.com/p2890506

[23] Flohr M.J.K., *"Geochemistry and Origin of the Bald Knob Manganese Deposit, North Carolina*", Econ. Geol. 1992, 87, 2023–2040.
[24] Choi J.H., Hariya Y., *"Geochemistry and Depositional Environment of Mn Oxide Deposits in the Tokoro Belt, Northeastern Hokkaido, Japan*", Econ. Geol. 1992, 87, 1265–1274.
[25] TOTH J.R., *"Deposition of Submarine Crusts Rich in Manganese and Iron*", Geol. Soc. Am. Bull. 1980, 91, 44–54.
[26] Crerar D.A., Namson J., Chyi M.S., Williams L., Feigenson M.D., *"Manganiferous Cherts of the Franciscan Assemblage; I, General Geology, Ancient and Modern Analogues, and Implications for Hydrothermal Convection at Oceanic Spreading Centers*", Econ. Geol. 1982, 77, 519–540.
[27] Nicholson K., *"Contrasting Mineralogical-Geochemical Signatures of Manganese Oxides; Guides to Metallogenesis*", Econ. Geol. 1992, 87, 1253–1264.
[28] Evensen N.M., Hamilton P.J., O'nions R.K., *"Rare-Earth Abundances in Chondritic Meteorites. Geochim*", Cosmochim. Acta 1978, 42, 1199–1212.

https://www.magiran.com/p2890506 download date: 8/26/2025