کانه‌زایی بروندمی–آتشفشان‌زاد چینه‌سان تنگستن (مس–روی) در کانسار چاه کلپ، (جنوب بیرجند) و افقهای کانه‌دار آن

نوشته: علی شعله* ، ابراهیم راستاد* و علیرضا باباخانی**

*بخش زمین‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. ** سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران ، ایران .

Stratiform Exhalative-Volcanogenic Tungsten (Cu-Zn) Mineralization in Chah-Calap Deposit and its Ore-Bearing Horizons

By: A. Shoale* , E. Rastad* & A. R. Babakhani**

* Department of Geology, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.

** Geological Survey of Iran, Tehran, Iran.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۴/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۵/۰۹/۲۰

Archive of SID

چکیده

کانسار تنگستن (مس–روی) چاه کلپ در محدوده بلوک لوت قرار دارد. این بلوک جزیی از سکوی پالئوزوییک ایران مرکزی است، که به شدت تحت تأثیر حرکات کوهزایی کیمرین پسین قرار گرفته است. توالی آتشفشانی- رسوبی تریاس بالایی- ژوراسیک که کانه‌زایی چاه کلپ را در بر دارد، تا حد رخساره شیست سبز- آمفیبولیت پایینی دگرگون شده است. این توالی، از قدیم به جدید شامل شیست متاپلیتی سیلیسی، توف فلسیک دگرگون شده زیرین، آهک دگرگون شده با میان لایه‌هایی از متاچرت (که افق کانه‌دار اصلی در قاعده آن تشکیل شده است)، تناوب سنگ آهک میکریتی و اسپاریتی دگرگون شده، توف فلسیک دگرگون شده بالایی و ریولیت میلونیتی است. در سنگ آهک دگرگون شده، سه رخساره مختلف تشخیص داده شد که کانه زایی محدود به بخشهای چرتی رخساره سنگ آهک چرت‌دار است. در محدوده کانسار چاه کلپ، توده نفوذی برونزد نداشته و دو سامانه گسل امتداد لغز، با راستای شمال باختر–جنوب خاور و شمال خاور–جنوب باختر در منطقه دیده می‌شود.

کانه زایی در کانسار چاه کلپ به‌وضوح چینه‌سان بوده و با شکل لایه‌ای و عدسی شکل تا دو کیلومتر قابل پی‌گیری است. بر اساس مطالعات انجام شده، شش افق کانه‌دار در توالی آتشفشانی–رسوبی منطقه معدنی چاه کلپ مشاهده شده است که از قدیم به جدید عبارتند از: افق کانه‌دار سولفیدی I با سنگ درونگیر شیست متاپلیتی سیلیسی، افق کانه‌دار سولفیدی II با سنگ درونگیر توف فلسیک دگرگون شده زیرین، افق کانه‌دار سولفید–شیلیت III که سنگ درونگیر آن سنگ آهک دگرگون شده حاوی عدسیها، ریزلایه‌ها و نوارهای متاچرتی است که در قاعده آهکها قرار دارد. افق کانه‌دار سولفید- شیلیت IV که در بخشهای میانی سنگ آهک دگرگون شده قرار دارد. افق کانه‌دار سولفید- شیلیت V که در بالاترین بخش سنگ آهک دگرگون شده و در مرز بالایی سنگ آهک دگرگون شده و توف فلسیک قرار دارد و بالاخره افق کانه‌دار سولفیدی VI که در داخل ریولیت میلونیتی قرار می‌گیرد. کانه‌زایی اقتصادی کانسار چاه کلپ به ستبرای متغیر چند سانتی‌متر تا ۶ متر در مرز پایینی سنگ آهک چرت‌دار دگرگون شده با توف فلسیک دگرگون شده و در داخل سنگ آهک دگرگونی رخ داده است. بخشهای چرت‌دار دگرگون شده، که به صورت یک افق کلسیمی–سیلیکاتی، همراه با آهک دگرگون شده تشکیل شده، در اثر دگرگونی ناحیه‌ای حاوی ترمولیت، اکتینولیت، دیوپسید، هدنبرژیت و گراسولار شده است. بافت ماده معدنی در افقهای کانه‌دار به صورت توده‌ای، دانه پراکنده، ریزلایه، پر کننده فضاهای خالی و برشی بوده و کانی‌شناسی آن شامل شیلیت، کلکوپیریت، اسفالریت، پیریت، آرسنوپیریت، پیروتیت، کوولیت، بورنیت، کلکوسیت، آزوریت، مالاکیت و اکسید- هیدروکسیدهای

www.SID.ir

آهن است. محیط تشکیل کانسار چاه کلپ، حوضه کافت درون قاره‌ای بوده است که محیط مناسبی را برای فعالیت آتشفشانی زیر دریایی و نهشت مجموعه‌های آتشفشانی-رسوبی فراهم نموده است. در کانسار چاه کلپ، کانه‌زایی به صورت دور دست و همزمان با رسوبگذاری بروندمها (Exhalites) رخ داده است. فرایند دیاژنز موجب تبلور و تمرکز کانه‌ها گردیده و سپس دگرگونی ناحیه‌ای تمرکز بیشتر کانه‌ها را موجب گردیده است.

کلیدواژه‌ها: کانسار تنگستن (مس-روی)، توالی آتشفشانی-رسوبی تریاس بالایی-ژوراسیک، کانه‌زایی بروندمی-آتشفشان‌زاد، چینه‌سان، افقهای کانه‌دار، چاه کلپ، بیرجند

Abstract

Chah-Calap W (Cu-Zn) deposit is located in Lut Block. It is a part of Central Iran Paleozoic platform which has been subjected to late Cimmerian orogenic movements. Chah-Calap ore- bearing volcano-sedimentary sequence of upper Triassic-Jurassic age was metamorphosed to green schist-lower amphibolite facies. This sequence includes siliceous meta-pellite, lower meta-felsic tuff, meta-limestone with meta-chert interlayers, (main mineralized horizon occurred at the base of it) alternation of micritic and sparitic limestone, upper meta-felsic tuff and mylonitic rhyolite. In meta-limestone, 3 facies were recognized, in which the mineralization corresponds only to meta-chert bearing facies. No intrusive body outcrops in the study area. Two NW-SE and NE-SW trending fault systems can be observed in Chah-Calap mining region.

The stratiform mineralization with layering and lenticular geometry has 2 kilometer length. Based on these investigations, six mineralized horizons can be distinguished in Chah-Calap volcano-sedimentary rocks: siliceous meta-pellite (ore horizon I), lower meta-felsic tuff (ore horizon II), calc-silicate layers, bands and lenses occurring at the contact between meta-limestone and lower meta-felsic tuff (ore horizon III), at the middle of meta-limestone layer (ore horizon IV) and at the upper contact between meta-limestone and upper meta-felsic tuff (ore horizon V) and mylonitic rhyolite host rocks (ore horizon VI). Main mineralized horizon in Chah-Calap occurred at the base of meta-cherty limestone, at lower contact between meta-carbonate and lower meta-felsic tuff. Regionally metamorphosed chert-bearing parts of meta-limestone, forming calc-silicate horizon, composed mainly of sparitic calcite, tremolite, actinolite, diopside, hedenbergite and grassular-rich garnet. Ore assemblage includes: scheelite, chalcopyrite, sphalerite, pyrite, arsenopyrite, pyrrhotite, covelite, bornite, chalcocite, azurite/malachite and iron-oxide/hydroxides having massive, disseminated, laminated, breccia like and open space filling textures. Tungsten mineralization in Chah-Calap is considered to be of distal syn-sedimentary-syn-diagenetic type with exhalative origin. Diagenetic processes lead to primary concentration of mineralization which later experienced remobilization and re-concentration during regional metamorphism.

Key words: W(Cu-Zn) deposit, Upper Triassic-Jurassic volcano-sedimentary series, Exhalative-volcanogenic, Stratiform, Ore-bearing horizons, Chah-Calap, Birjand

Archive of SID

مقدمه

کانسار تنگستن (مس-روی) چاه کلپ در ۱۰۰ کیلومتری جنوب- جنوب خاوری بیرجند و ۸۰ کیلومتری شمال باختری نهبندان (تصویر ۱)، در حاشیه بلوک لوت و در توالیهای آتشفشانی- رسوبی تریاس بالایی- ژوراسیک قرار دارد. این منطقه، براساس تقسیمات ساختاری- رسوبی ایران در بلوک لوت و در نزدیکی محل اتصال این بلوک با حوضه فلیش کرتاسه نهبندان- خاش (Berberian & King, 1981) یا زون زمین درز سیستان (Tirrul et al., 1983) واقع است (تصویر ۲). پیشینه اکتشافی این کانسار به سال ۱۳۴۹ باز می‌گردد. زمانی که موحد اول و همکاران از سازمان زمین شناسی کشور با توجه به وجود آثار معدنکاری قدیمی در امتداد همبری سنگهای آهکی دگرگون شده و شیستهای زیرین به کانه‌زایی در منطقه پی بردند. در سال ۱۳۵۲ فعالیتهای ژئوشیمیایی و ژئوفیزیکی سازمان به سرپرستی تدین اسلامی و نیکلاس منجر به پیشنهاد حفاری برای بررسی کانه‌زایی در عمق و تخمین ذخیره شد (تدین اسلامی، ۱۳۵۲). بر اساس این پیشنهاد، ۷ گمانه اکتشافی حفر شد. مطالعه مغزه‌های حفاری و تخمین ذخیره کانسار توسط

www.SID.ir

شهید اکرمی انجام گردید؛ اما متأسفانه گزارش مطالعات وی مفقود گردید. مؤمن زاده و همکاران در سال ۱۳۵۳ بازدیدی از کانسار چاه کلپ انجام داده و این کانسار را یک کانسار چندفلزی چینه‌سان و چینه‌کران معرفی کردند. کانی‌شناسی این کانسار در سال ۱۳۶۲ توسط خویی مطالعه و با توجه به پاراژنز کانه‌ها و دما بالا بودن آنها، کانه زایی کانسار چاه کلپ از نوع اسکارن و در ارتباط با توده‌های نفوذی در نظر گرفته شد (خویی،۱۳۶۲). از سال ۱۳۸۰ پروژه اکتشاف کانسار چاه کلپ، بار دیگر توسط سازمان زمین شناسی فعال شد که نتیجه آن حفر ۲۰ گمانه اکتشافی (در حدود ۱۷۵۰ متر) و تهیه نقشه‌های زمین شناسی-معدنی در مقیاس ۱:۱۰۰۰ بوده است. مقاله حاضر عمدتاً با استفاده از نتایج حاصل از مطالعه مغزه‌های حفاری تدوین شده است. در این مقاله سعی شده است، تا ضمن بحث در مورد منشأ بروندمی-آتشفشان‌زاد کانسار چاه کلپ، برای نخستین بار ویژگیهای افقهای ۶ گانه کانه‌دار مورد بررسی و تدقیق قرار گیرد.

شایان ذکر است که علاوه بر کانسار چاه کلپ، کانه‌زایی تنگستن (مس-روی) در توالی رسوبی- آتشفشانی تریاس بالایی- ژوراسیک، به تازگی در کانسار بامسر در پهنه سنندج- سیرجان (عزیزپور، ۱۳۷۸) نیز گزارش گردیده است. لذا به نظر می رسد مطالعه کانسار چاه کلپ در بلوک لوت از ایران مرکزی، بتواند داده‌های جدیدی از این کانه‌زایی در ایران زمین را ارائه کند. نظر بر این که این کانسار در گذشته فعال بوده است و از آنجا که معدن فعالی از تنگستن در کشور وجود ندارد، لذا بررسی ویژگیهای این کانسار می تواند از جهت اکتشاف کانسارهای مشابه نیز اهمیت قابل توجهی داشته باشد.

روش تحقیق

در این مطالعه شامل مراحل زیر بوده است:

- مطالعات صحرایی به منظور بازبینی نقشه‌های ۱:۲۰۰۰۰ زمین‌شناسی و ۱:۱۰۰۰ زمین‌شناسی- معدنی منطقه چاه کلپ،
- تهیه مقاطع نازک (۴۲ عدد)، صیقلی (۱۲ عدد) و نازک-صیقلی (۱۴ عدد) برای مطالعه بافت، کانی‌شناسی و بررسی توالی پاراژنز کانه‌ها و همچنین مطالعه ارتباط کانه‌ها با کانیهای سنگ ساز،
- تجزیه ۲۲ نمونه به روش XRF در دانشگاه تربیت مدرس (شعله و همکاران، ۱۳۸۳)، تجزیه ۶ نمونه به روش XRD در دانشگاه تربیت مدرس با دستگاه MPD X'PERT PHILIPS برای تشخیص کانیها (شعله و همکاران، ۱۳۸۳)، تجزیه ۷ نمونه به روش ICP-MS در آزمایشگاه ALCHEMEX کانادا برای مطالعه ژئوشیمی عناصر خاکی کمیاب (شعله و همکاران، ۱۳۸۳) و همچنین تجزیه EMP ۱۵۰ نقطه (شعله و همکاران، ۱۳۸۳) در آزمایشگاه میکروپروب دانشگاه LEOBEN اتریش با مشخصات Upgraded ARL-SEMQ 30 با همکاری و مساعدت پروفسور Raith و پشتیبانی مالی مؤسسه علوم‌زمین (کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی) Montanuniversitat،
- بررسی کانی‌شناسی ماده معدنی و سنگ درونگیر بر اساس نتایج میکروپروب،
- رقومی نمودن و رسم نقشه‌ها با استفاده از نرم افزارهای AutoCAD و Arcview،
- رسم نمودار حفاری (log) مربوط به ۱۹ گمانه حفاری و پیمایشهای صحرایی با استفاده از نرم‌افزارهای Rockworks ۲۰۰۲ و Logplot ۲۰۰۳،
- انطباق ستونهای چینه ای و نمودارهای حفاری جهت شناخت تغییرات افقهای کانه‌دار و غیر کانه‌دار و ارتباط آنها با هم در محیط Rockworks2002 .

سنگ شناسی

مجموعه آتشفشانی- رسوبی تریاس بالایی- ژوراسیک که کانه‌زایی تنگستن (مس- روی) چاه کلپ در آن رخ داده است (تصویر ۳)، طی حرکات کوهزایی کیمرین پسین، تحت تأثیر دگرگونی ناحیه‌ای قرار گرفته و تا حد رخساره شیست سبز- آمفیبولیت زیرین، دگرگون شده است. بیشتر واحدهای سنگی محدوده معدنی، فرسایش شدیدی را متحمل شده و رخنمون بسیار محدودی دارند.

رسوبات آواری و سنگهای کربناتی، سنگهای رسوبی این توالی آتشفشانی- رسوبی را تشکیل می‌دهند. در این توالی رسوبات، به صورت بین لایه‌ای در میان سنگهای آتشفشانی با ترکیب فلسیک و اسیدی قرار گرفته‌اند. واحد سنگی که به خوبی در منطقه برونزد دارد، افق کربنات دگرگون شده است که به‌صورت تیغه‌ای، با شیب زیاد به سمت جنوب، تا دهها کیلومتر قابل تعقیب است (تصویر ۳). توالی آتشفشانی- رسوبی تریاس بالایی- ژوراسیک به ترتیب از قدیم به جدید شامل شیستهای متاپلیتی ماسه‌ای، آتشفشانی و توفهای فلسیک دگرگون شده زیرین، سنگ آهک دگرگون شده با میان لایه‌های چرتی -که افق کانه‌دار اصلی در قاعده آن تشکیل شده است، تناوب سنگ آهکهای میکریتی و اسپاریتی دگرگون شده، توفهای فلسیک دگرگون شده بالایی و ریولیتهای میلونیتی (تصویر ۴) است که به ویژگیهای هر واحد سنگی به اختصار در زیر اشاره می شود.

متاپلیت ماسه‌ای

این سنگها در منطقه معدنی از شیستهای کوارتز، سریسیت و کلسیت دار با پیش سنگ پلیتی تشکیل یافته اند که کانیهای فرعی آنها مسکوویت، اسفن و به ندرت آنالسیم است. این سنگها، دگرگونی ناحیه‌ای تا حد رخساره

Archive of SID
www.SID.ir

شیست سبز پایینی یا سریسیتوشیست را متحمل شده‌اند. مواد رسوبی این سنگها، مواد پلیتی، آرژیلی و ماسه‌ای بوده که در یک حوضه آتشفشانی- رسوبی ته نشین می شده است. کوارتز، سریسیت و مسکوویت در این سنگها فراوان است که این کانیها برگوارگی سنگ را ایجاد نموده‌اند.

توف فلسیک دگرگون شده پایینی

این واحد دارای رنگ خاکستری روشن بوده و از کوارتز، سریسیت، کلسیت، کلریت و آلبیت تشکیل یافته است. ستبرای آن ۵ تا ۱۰ متر بوده و به‌شدت تغییر رخساره جانبی و قائم را نشان می دهد. نکته جالب توجه این که میزان آهک از پایین به سمت بالا افزایش می یابد، به گونه‌ای که در قسمتهای بالایی این واحد، میزان کلسیت به حدی افزایش می یابد که نامگذاری آن به کالک شیست بی مناسبت نیست. در برخی گمانه‌ها، تناوبی از توفهای فلسیک و سنگ آهک دگرگون شده (گمانه شماره ۷ و ۱۱ و ۱۲) و همچنین تناوب متاپلیت و توفهای فلسیک، مشاهده می شود (گمانه شماره ۱، ۸، ۹، ۱۰، ۱۳، ۱۶ و ۱۷).

سنگ آهک دگرگون شده

این واحد از سه رخساره مختلف تشکیل شده است که به طور جانبی و قائم به یکدیگر تبدیل می شوند. این رخساره‌ها از پایین به بالا شامل: آهک میکریتی چرت‌دار دگرگون شده، آهک اسپاریتی چرت‌دار و آهک ناخالص میکریتی دگرگون شده است. مرز این واحد با شیستهای فلسیک پایینی و بالایی تدریجی است. در بخشهای میانی واحد سنگ آهک دگرگون شده، تناوب آهکهای اسپاریتی با رنگ روشن و آهکهای میکریتی خاکستری رنگ، مشاهده می شود. مرز این واحد با شیستهای فلسیک پایینی و بالایی تدریجی است. بافت این سنگ موزاییکی است و در برخی قسمتها حالت اولیه میکریتی آن قابل مشاهده است. این سنگ از کلسیت تبلور دوباره یافته تشکیل شده که رگه‌های سیلیسی جهت داری آن‌را قطع کرده‌اند.

توف فلسیک دگرگون شده بالایی

این سنگها مجموعه‌ای از آتشفشانیهای فلسیک و توفهای اسیدی است که به شدت تغییر رخساره جانبی و قائم نشان داده و دگرگون، خرد شده و دگرسان هستند. مرز این واحد با سنگ آهکهای دگرگونی تدریجی بوده و محتوای کربنات آن به سمت واحد سنگ آهکی افزایش می یابد. در نزدیک مرز قطعاتی از سنگهای کربناتی درون سنگهای آتشفشانی دگرگون شده و نیز قطعاتی از اینها درون واحد سنگ آهک مشاهده می‌شود. از رخساره های سنگی با پیش سنگ آتشفشانی در این واحد، می‌توان به کوارتز- بیوتیت- کالک شیست، کوارتز- بیوتیت-آلبیت شیست، سریسیت-کالک شیست و سریسیت - کلریت-کالک شیست اشـــاره کرد. کانیهای کدر با بافت دانه پراکنده به همراه بلورهای کوارتز و کلسیت در زمینه این سنگها دیده می شوند.

ریولیت میلونیتی

این واحد به طورعمده از کوارتز، فلدسپار پتاسیم، پلاژیوکلاز و سریسیت تشکیل شده است. کانیهای فرعی شامل سریسیت، لوکوکسن و کلسیت است. نبود کانیهای مافیک و حضور درشت بلورهای باقیمانده و پورفیروکلاستهای پلاژیوکلاز سدیم و فلدسپار قلیایی و بلورهای کوارتز، تداعی کننده پیش سنگ ریولیتی است.

در این سنگ، اثراتی از بلورهای فلدسپار، که با بافت موزاییکی در کنار هم قرار گرفته‌اند، قابل مشاهده است، که البته در اثر دگرگونی ناحیه‌ای، خاموشی موجی و ماکل سرنیزه‌ای پیدا کرده‌اند.

به‌نظر می رسد پیش سنگ این واحد، یک ریولیت بوده است که به‌صورت هم‌روند با لایه بندی، میلونیتی شده است. هم روندی این واحد با واحدهای مجاور، عدم وجود دگرگونی همبری و هاله گرمایی و عدم گسترش دگرسانی گرمابی و درزه و شکستگیهای مرتبط با جایگیری توده‌های گرانیتی، از جمله شواهدی هستند که ریولیت بودن این واحد را تأیید می کنند.

ساختار

مجموعه آتشفشانی- رسوبی تریاس بالایی- ژوراسیک در منطقه چاه کلپ توسط گسلهای امتداد لغزی با راستای شمال باختر- جنوب خاور و شمال خاور- جنوب باختر جابه‌جا شده است. گسلهای شمال باختر-جنوب‌خاور عمدتاً راستگرد بوده و جابه‌جایی واضحی را در مجموعه آتشفشانی- رسوبی به میزان چند ده متر تا ۱۰۰ متر ایجاد کرده‌اند، در حالی که گسلهای شمال خاور- جنوب باختر چپگرد بوده و جابه جایی مشخصی در اطراف آنها مشاهده نمی‌شود. محیط تشکیل کانسار چاه کلپ حوضه کافت درون قاره‌ای (Tirrul et al., 1983) بوده است که محیط مناسبی را برای فعالیت آتشفشانی زیر دریایی و رسوبگذاری مجموعه‌های رسوبی فراهم کرده است. وجود مقادیر زیادی از توفهای اسیدی، سنگهای آتشفشانی و سنگهای رسوبی دگرگون شده در توالی آتشفشانی- رسوبی چاه کلپ، مؤید وجود یک حوضه کافتی است؛ هرچند که عدم برونزد سنگهای آتشفشانی بازی، این نظر را با سؤال روبه رو می‌سازد.

Archive of SID
www.SID.ir

افقهای کانه‌دار

بر اساس مطالعات کانه‌نگاری، سنگ‌نگاری و تحلیل رخساره‌ای، افقهای کانه‌دار متعددی در کانسار چاه کلپ تشخیص داده شده است که هر کدام جایگاه مشخصی را در ستون چینه‌ای به خود اختصاص داده اند (تصویر ۴ و ۵). این افقها از پایین به بالا عبارتند از:

افق کانه‌دار (سولفیدی)I

این افق در واحد متاپلیتی کوارتز، کلسیت، سریسیت، بیوتیت دار رخ داده است (تصویر ۴). متاپلیتها غنی از کلسیت بوده و هر جا در مجاورت واحدهای آتشفشانی بوده، کانه‌دار شده است. رنگ این افق خاکستری مایل به سیاه بوده و ۲ تا ۴ متر ستبرا دارد. رنگ تیره این افق مرهون مواد آلی موجود در افق متاپلیتی است که در اثر دگرگونی ناحیه‌ای تنها اثراتی از آنها باقی مانده است. ساخت و بافتهای رسوبی اولیه این واحد به خوبی حفظ شده است. متاپلیتها عموماً با توفهای فلسیک دگرگون شده، بویژه در بخش بالایی آن، تناوب دارند (در گمانه شماره ۱، ۸، ۹، ۱۰، ۱۳، ۱۶ و ۱۷).

در گمانه شماره ۱۷، تناوب متاپلیتها و آتشفشانیها، اعم از توف فلسیک و ریولیت میلونیتی، وجود دارد. در این گمانه، افق کانه‌دار I، تنها در نزدیکی همبری متاپلیت با ریولیت تشکیل شده است (تصویر ۶).

در متن سنگ و به موازات لایه‌بندی، عدسیهایی از کوارتز تبلور دوباره یافته درشت بلور، با بافت موزاییکی دیده می‌شود. پاراژنز کانه‌ها شامل سولفیدهای مس و آهن بخصوص کلکوپیریت و پیریت است که دارای بافتهای دانه پراکنـــده، ریزلایه‌ای (تصویر ۷) و پرکننده فضاهای خالی می‌باشند. کلکوپیریت دانه پراکنده، در تمام متن سنگ در مغزه‌های حفاری مشاهده شده است. سولفیدها، نیمه شکل‌دار تا بی‌شکل بوده و به صورت پراکنده، درون متن سنگ دیده می‌شوند. سولفیدهای فلزات پایه، تحت اثر نیروهای زمین‌ساختی، به موازات لایه‌بندی ظریف سنگ، کشیده شـــده و به همراه لایه‌های اولیه چین خورده‌اند. کانه‌های موجود در این سنگ، شرایط مشابهی را از نظر دگرگونی و دگرشکلی با کانیهای سنگ ساز گذرانده‌اند.

افق کانه‌دار (سولفیدی) II

سنگ درونگیر این افق، توفهای فلسیک دگرگون شده پایینی است (تصویر۴). ستبرای افق کانه‌دار II، به‌طور متوسط ۱/۵ تا ۲ متر است. کانه‌زایی در این افق، شامل کلکوپیریت، پیریت، پیریت اکسیده و هماتیت می باشد که دارای بافتهای دانه پراکنده و پرکننده فضاهای خالی هستند. این افق نسبت به عناصر فلزی مس، روی، تنگستن، قلع و سرب غنی شدگی نشان می دهد؛ هر چند که کانه‌زایی شیلیت در این افق مشاهده نشده است.

افق کانه‌دار اصلی (سولفیدی–شیلیت) III

کانه‌زایی شیلیت در کانسار چاه کلپ با رخساره سنگ آهک چرت‌دار دگرگون شده در ارتباط است. این رخســـاره بخصوص در همبری زیرین و بالایی سنگ آهکهای دگرگون شده با توفهای فلسیک دگرگون شده تشکیل شده است (تصویر ۴). بخش چرت‌دار که به صورت یک افق همراه با سنگ آهک دگرگون شده تشکیل شده است، در واقع افق اصلی کانه‌دار تنگستن (مس- روی) چاه کلپ می‌باشد.

رخساره دربرگیرنده افق کانه‌دار III، سنگ‌آهک چرت‌دار دگرگون شده است. ستبرای این افق از ۶ متر تا ۰/۱ متر متغیر است. ستبرای افق کانه‌دار از خاور به باختر کانسار به‌تدریج کاهش یافته و در سمت باختری کانسار جایی که کربناتها بیشترین ستبرا را دارند، افق ماده معدنی به کلی محو می‌گردد. شکل این افق چینه‌سان، چینه‌کران و به صورت عدسیهای همخوان با لایه‌بندی است. پاراژنز کانه‌ها شامل شیلیت، کلکوپیریت، پیریت، اسفالریت و مالاکیت است. این کانه‌ها دارای بافت توده‌ای (تصویر ۸)، ریزلایه (تصویر ۹ و ۱۰)، نواری، برشی و پرکننده فضاهای خالی هستند. سولفیدهای با بافت توده‌ای در مغزه‌های گمانه‌ها به‌خوبی دیده می‌شوند. شیلیت به‌صورت دانه پراکنده در متن سنگ و درون عدسیها و نوارهای چرتی ریزلایه و برشی در این افق قابل مشاهده است. در گمانه‌های شماره ۱، ۳، ۶، ۱۰، ۱۱ (تصویر ۵)، ۱۵ و ۱۶ این افق، در محل تماس پایینی سنگ آهکهای چرت‌دار دگرگون شده با توفهای فلسیک دگرگون شده رخ داده است.

تقریباً در همه حفاریهای انجام شده، اثراتی از این افق کانه‌دار اصلی مشاهده شده است. بخش چرتی در مرز پایینی و گاه در مرز بالایی کربناتهای دگرگونی و در مواردی به‌صورت ریزلایه در بین واحد سنگ آهکی رخ داده است و در محل این بخشهای چرتی در اثر دگرگونی ناحیه‌ای، افقهای کلسیمی- سیلیکاتی ایجاد شده است. در این افق تغییر رخساره از سنگ آهک به چرت دیده می شود. میزبان شیلیت در این افق، عدسیها و نوارهای کوارتزی حاوی گروسولار، دیوپسید، ترمولیت، اکتینولیت و کلسیت است که به موازات روندهای سنگ آهک تشکیل شده و با سنگ درونگیر چین خورده‌اند. ریزلایه‌ها عموماً بین ۲ تا ۵ میلی‌متر ستبرا دارند (تصویر ۱۰). با توجه به شکل عدسی مانند و نواری این بخشهای کوارتزی شیلیت‌دار و همچنین سنگ‌شناسی بخشهای میانی این افق، به نظر می‌رسد این عدسیها و نوارهای کوارتزی ماهیت چرتی داشته‌اند، که در اثر دگرگونی ناحیه‌ای تبلور دوباره یافته و به کوارتز متوسط تا درشت بلور تبدیل شده‌اند.

Archive of SID
www.SID.ir

به رغم غنی‌شدگی همهٔ سنگهای آتشفشانی- رسوبی منطقه از تنگستن، در کانسار چاه کلپ، کانه‌زایی شیلیت از گسترش کمتری نسبت به کانه‌زایی سولفیدی برخوردار است و تنها در افقهای کانه‌دار III ،IV و V با سنگ میزبان آهک چرت‌دار، کانه زایی شیلیت دیده می شود.

افق کانه‌دار (سولفیدی–شیلیت) IV

سنگ دربرگیرنده این افق، همانند افق کانه‌دار III ، رخساره سنگ آهک چرت‌دار دگرگون شده است (تصویر ۴). ستبرای این افق از ۲ تا ۵ متر متغیر است. در این افق ریزلایه‌های بسیار زیبایی از شیلیت، درون باندها و عدسیهای متاچرتی در زیر نور UV قابل مشاهده است (تصویر۱۱). ستبرای این ریزلایه‌ها در حد چند میلی‌متر تا یک سانتی‌متر است. این لامینه‌ها با هیچ گونه شکستگی در ارتباط نبوده، محدود به رخساره سنگ آهک چرت‌دار بوده، موازی با آن قرار گرفته و با آن چین‌خورده‌اند (تصویر ۱۲). اندازه بلورهای شیلیت، درون ریزلایه‌ها ریزتر از شیلیت دانه پراکنده در متن سنگ است (تصویر ۱۱). شیلیت، کلکوپیریت، اسفالریت و پیریت دارای بافت دانه پراکنده (تصویر ۱۳) در این افق قابل مشاهده است. کانی شناسی ماده معدنی شامل شیلیت، کلکوپیریت، اسفالریت، هماتیت و مالاکیت است.

افق کانه‌دار (سولفیدی–شیلیت) V

این افق، در بالاترین بخش کربناتهای دگرگون شده و قبل از واحد آتشفشانی فلسیک قرار گرفته است (تصویر ۴). پیش سنگ این افق نیز سنگ‌آهک چرت‌دار دگرگون شده است. به‌طور متوسط، افق کانه‌دار V ، ۲ متر ستبرا دارد. پاراژنز کانه‌ها شامل شیلیت، کلکوپیریت، پیریت، اسفالریت، پیروتیت و مارکاسیت است. این کانه‌ها دارای بافت دانه پراکنده، برشی، پرکننده فضاهای خالی و به‌طور استثنایی در گمانه شماره ۱۷ دارای بافت نیمه توده‌ای است (تصویر ۱۴). در گمانه‌های شماره ۱۱ و ۱۳ (تصویر ۵)، در محل تماس بالایی سنگ‌آهکهای چرت‌دار دگرگون شده و توف فلسیک دگرگون شده، تحت تأثیر دگرگونی ناحیه‌ای مجموعه‌ای از کانیهای کلسیمی- سیلیکاتی تشکیل شده است.

در این دو گمانه، افق کانه‌دار از نظر ویژگیهای سنگ‌شناسی، ساخت و بافت و کانی‌شناسی کانه‌ها و کانیهای سنگ ساز کاملاً مشابه افقهای کانه‌دار III و IV است.

افق کانه‌دار (سولفیدی) VI

این افق درون توفهای فلسیک دگرگون شده بالایی و گاه درون عدسیهای ریولیت میلونیتی، که به‌صورت بین لایه‌ای در این واحد قرار گرفته است، دیده می‌شود (تصویر ۴). پاراژنز کانه‌ها شامل پیریت و به‌ندرت کلکوپیریت است که به‌صورت دانه پراکنده در واحد کوارتز- سریسیت-کالک شیستی رخ داده است. بافت پرکننده فضاهای خالی و برشی (تصویر ۱۵) نیز در این افق مشاهده می‌شود. کانه‌زایی در قسمتهای پایین این افق پر بارتر است. ستبرای افق کانه‌دار VI حداکثر به ۲/۵ متر می‌رسد.

شکل و ساخت و بافت ماده معدنی

افقهای کانه‌دار در منطقه چاه کلپ عموماً حالت چینه‌سان دارند. شکل ماده معدنی عدسی شکل، ورقه‌ای و صفحه‌ای و هم‌خوان و هم‌روند با لایه‌بندی سنگ‌آهک و برگوارگی غالب شیستهاست. به نظر Zierenberg et al. (1993) شکل صفحه‌ای و ورقه‌ای پیکره‌های معدنی، یک ویژگی رسوبی اولیه است. Maiden (1981)، ماهیت لایه‌ای ظریف کانه‌زایی شیلیت را نشانه‌ای قاطع بر آتشفشانی- رسوبی بودن کانه‌زایی تنگستن در نظر گرفته است. بر اساس Slack et al. (2001) چینه‌سان بودن توده‌های معدنی و همچنین دارا بودن شرایط دگرگونی یکسان سنگهای میزبان باموادِ معدنی، نشانه تشکیل کانسار به‌صورت همزمان با رسوبگذاری و آتشفشانی زیر دریایی است.

در کانسار چاه کلپ بافتهای توده‌ای (تصویر ۸)، ریزلایه (تصویر ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲)، دانه پراکنده (تصویر ۱۳)، نیمه توده‌ای (تصویر ۱۴)، برشی(تصویر ۱۵) و پرکننده فضاهای خالی (تصویر ۱۶) در افقهای کانه‌دار قابل مشاهده است. سولفیدهای با بافت توده‌ای و نیمه توده‌ای از جمله شواهد فعالیت برونده‌می آتشفشانهای زیر دریایی در منطقه بوده و در افق کانه‌دار اصلی به فراوانی قابل مشاهده است.

بافت دانه پراکنده کانه‌های شیلیت (تصویر ۱۳) در افقهای کانه‌دار IV ، III و V و در ریزلایه‌های متاچرت رخساره سنگ‌آهک چرت‌دار دگرگون شده، می‌تواند نشانه ته‌نشست اولیه ماده معدنی و تبلور آن در مرحله دیاژنز باشد. این بافت، نشان‌دهنده همزمانی تشکیل و تمرکز کانه‌ها با کانیهای سنگ درونگیر خود است. بافت دانه پراکنده، از گسترش زیادی در تمامی افقهای کانه‌دار کانسار چاه کلپ برخوردار است و دانه‌های پراکنده شیلیت، کلکوپیریت، اسفالریت و دیگر سولفیدها به فراوانی در افقهای کانه‌دار رخ داده است.

رخداد بافت ریزلایه‌ای (تصویر ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲)، که از بافتهای رسوبی-

Archive of SID
www.SID.ir

دیاژنتیک است، در افقهای کانه‌دار IV ، III و V نشان دهنده تشکیل ماده معدنی همزمان با کانیهای تشکیل‌دهنده سنگ درونگیر خود است. در سنگ درونگیر ماده معدنی، ریزلایه های بسیار زیبایی از شیلیت درون نوارها و عدسیهای متاچرت در زیر نور UV قابل تشخیص است. این ریزلایه‌ها با هیچ گونه شکستگی در ارتباط نبوده، محدود به یک لایه رسوبی بوده، موازی با آن قرار گرفته و با آن چین خورده‌اند (تصویر ۱۰). اندازه بلورها در این بافت، ریزتر از بافتهای دیگر است. این ریزلایه‌ها حاوی شیلیت هستند. ستبرای نوارهای متاچرتی تا چند میلی‌متر می‌رسد. (Holl (1970, 1986، رخداد ریزلایه های بین چینه‌ای حاوی شیلیت در نوارهای متاچرت را دلیلی واضح بر همزاد بودن کانسار Felbertal در نظر گرفته است.

بافت برشی برجا (تصویر ۱۵)، یکی از بافتهای شاخص کانسارهای آتشفشانی-رسوبی است. این بافت در افقهای کانه‌دار کانسار چاه کلپ به‌ندرت قابل مشاهده است ولی بیشترین گسترش آن مربوط به افق کانه‌دار VI است. کانی شناسی قطعات برشی و کانه های دانه پراکنده موجود در متن سنگ یکسان بوده و این نکته، تأیید کننده منشأ آتشفشانی- رسوبی این بافت است.

بافت پرکننده فضاهای خالی (تصویر ۱۶) نیز به فراوانی برخوردار داشته و به‌ندرت در افقهای کانه دار III و IV قابل مشاهده است. در این بافت، شیلیت به همراه کانه های سولفیدی حفره‌ها و شکستگیهای سنگها را پر کرده است. ساخت و بافتهای مشاهده شده در کانسار چاه کلپ، همگی خاص کانسارهای همزاد آتشفشانی- رسوبی است که در کانسارهای تنگستن چینه‌سان آلپ خاوری (Raith & Prochaske, 1995, Raith, 1991; Holl, 1975, 1976; Maucher, 1976). بروکن هیل و بوهمین مسیف استرالیا و (Plimer, 1987, 1994; Kwak,1987; Barnes, 1983; Beran et al., 1985) و Austroalpine Crystalline Complex Mittersill اتریش (Raith, 1991; Thalhammer et al., 1989)، نیز مشاهده و گزارش شده است.

کانی شناسی

کانه های تشخیص داده شده در مطالعات میکروسکوپی و تجزیه‌های XRD و EMP شامل شیلیت، کلکوپیریت، اسفالریت، پیریت، آرسنوپیریت، پیروتیت، کوولیت، بورنیت، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن، آزوریت- مالاکیت و کلکوسیت است (شعله و همکاران، ۱۳۸۳). کانی‌شناسی ماده معدنی در کانسار چاه کلپ شبیه به کانسارهای تنگستن چینه‌سان آلپ خاوری (Holl et al., 1972) و King Island تاسمانیا (Burchard, 1972) است.

کانی شناسی باطله، شامل کلسیت، کوارتز، پیروکسن، گارنت، ولاستونیت، آمفیبول، اپیدوت، پرهنیت و آنورتیت است. کانی شناسی سنگ درونگیر در کانسار چاه کلپ، شبیه کانیهای سنگ ساز در کانسار Austroalpine Crystalline Complex (Raith, 1991) است.

بر اساس مطالعات سنگ‌نگاری کانی‌شناسی و ساخت و بافت کانه‌ها و مطالعه دقیق ارتباط کانه های فلزی و کانیهای سنگ ساز و با کمک گرفتن از داده‌های مربوط به تجزیه میکروپروب کانیهای مختلف، توالی پاراژنز کانه‌ها برای کانسار چاه کلپ در ۳ مرحله پیشنهاد شد (شعله و همکاران، ۱۳۸۳). این سه مرحله شامل ۱- مرحله رسوبگذاری و دیاژنز ۲- مرحله دگرگونی ناحیه‌ای (اولیه و تأخیری) و ۳- مرحله هوازدگی است. (تصویر ۱۷).

آیا کانسار چاه کلپ، یک کانسار دور منشأ و یا نزدیک منشأ است ؟

تقسیم بندی کانسارهای تنگستن بروندمی بر اساس فاصله زمانی و مکانی از مرکز آتشفشانی به نزدیک منشأ و دور منشأ به طورعمده توسط Plimer و Cheilletz صورت گرفته است. کانسار تنگستن Broken Hill استرالیا، توسط Plimer (1994, 1988,1987)، به‌عنوان یک کانسار بروندمی دور منشأ معرفی شده است. Cheilletz نیز در مقاله خود، با عنوان مروری بر کانسارهای تنگستن چینه‌سان، ضمن برشمردن ویژگیهای تیپهای مختلف تنگستن چینه‌سان، تقسیم‌بندی جامعی از این کانسارها ارائه می‌دهد (Cheilletz, 1988). وی کانسارهای Felbertal اتریش، Tatras در چکسلواکی سابق و کانسارهای تنگستن بروندمی زیمبابوه را به عنوان مثالهایی از کانسارهای تنگستن بروندمی نزدیک منشأ و کانسارهای Broken Hill استرالیا، کانسار Kleinarltal اتریش و بی‌هنجاریهای چینه‌سان سپر کامبرو- اردوویسین Catalan Cordillera اسپانیا و بی‌هنجاریهای جنوب باختری Sardinia در ایتالیا را به‌عنوان مثالهایی از کانسارهای تنگستن بروندمی دور منشأ معرفی می کند (Cheilletz, & Giuliani, 1988).

در کانسارهای نزدیک منشأ، نزدیکی به مرکز آتشفشان با شواهدی مانند شدت فعالیت انفجاری آتشفشانی، نسبت بالای سنگهای آتشفشانی به رسوب، رخداد پلوتونیسم و توسعه دگرسانی سنگ دیواره مشخص می شود (Cheilletz, 1988; Plimer, 1978). در کانسار چاه کلپ، فعالیت انفجاری شدید، پلوتونیسم و دگرسانی شدید سنگ دیواره رخ نداده است و از سوی دیگر حجم سنگهای رسوبی در توالی آتشفشانی-رسوبی نیز بالاست. بنا براین شواهد فوق می تواند نشانه‌ای از دوردست بودن این کانسار باشد.

Archive of SID
www.SID.ir

کانسارهای نزدیک منشأ، معمولاً با دودکشهای دگرسان شده فرودیواره، زون رگه- رگچه‌ای و منطقه کانه‌های دانه پراکنده و فراوانی مجموعه‌های غنی از کوارتز- سریسیت و منیزیم همراهی می‌شوند، درحالی‌که دگرسانی ضعیف کوارتز- سریسیت و آهن‌دار به کانسارهای دوردست مرتبط است (Plimer, 1978). در کانسار چاه کلپ، سنگهای آتشفشانی، دگرسانی در حد سریسیتی شدن را نشان می‌دهند. در این کانسار، عدم مشاهده زون رگه و رگچه‌ای، زون استوک ورک و دودکشهای دگرسان شده، نزدیک منشأ بودن این کانسار را با تردید رو به رو می‌سازد.

کانسارهای دور منشأ با توفهای کلسیمی- قلیایی و تولئیتی و شیلهای سیاه همراهند (Cheilletz, 1988). کانه‌زایی در کانسار چاه کلپ نیز با توفهای فلسیک و متاپلیت همراه است.

در کانسارهای دورمنشأ، کانه‌زایی لایه‌ای تنگستن- سرب- روی- مس به صورت بین لایه‌ای و همراه با چرت، آهک، دلومیت، باریت و تورمالینیت دیده می‌شود (Cheilletz, 1988)؛ در کانسار چاه کلپ نیز کانه‌زایی لایه ای و ریزلایه‌ای تنگستن، مس و روی به صورت بین لایه‌ای و در چرتهای همراه با آهکها تشکیل شده است. از سوی دیگر، رخداد همزمان شیلیت و سولفید توده‌ای و نیمه توده‌ای در افقهای کانه‌دار III، IV و V کانسار چاه کلپ شبیه کانسار دور منشأ بروکن هیل استرالیا است (Plimer, 1994). به هر حال، بر اساس مقایسه ای که بین کانسار تنگستن (مس–روی) چاه کلپ و کانسارهای نزدیک منشأ و دور منشأ شاخص صورت گرفت (جدول ۱)، کانسار چاه کلپ، شباهت بیشتری با کانسارهای دور منشأ دارد؛ هر چند برخی از ویژگیهای این کانسار، به کانسارهای نزدیک منشأ نیز بی‌شباهت نیست. در تصویر ۱۸ مدل تشکیل احتمالی کانسار چاه کلپ نشان داده شده است.

نتیجه‌گیری

مطالعات و بررسیهای انجام شده در کانسار چاه کلپ نشان داد که کانه‌زایی تنگستن (مس–روی) در کانسار چاه کلپ، همزمان با رسوبگذاری توالی آتشفشانی- رسوبی و با شکل عدسی همخوان با لایه‌بندی و به صورت چینه‌سان و چینه‌کران در محل تغییر رخساره سنگهای آتشفشانی به سنگ آهکهای چرت‌دار رخ داده است. البته شایان ذکر است که کانه‌زایی سولفیدی به‌صورت دانه پراکنده در درون متافلسیک توف و متاریولیتها نیز در توالی آتشفشانی- رسوبی به‌خوبی دیده می‌شود. در کانسار چاه کلپ، به مانند کانسار ACC اتریش، بروندمها (Exhalites)، تأمین کننده اصلی عناصر کانه‌ساز تنگستن، مس، روی، آهن و ... بوده‌اند (Raith, 1988, 1991). به عقیده Saez et al. (1999)، در کانسارهای بروندمی–آتشفشان‌زاد کانه‌زایی، تنها با بروندمهای منشأ گرفته از سنگهای آتشفشانی مربوط به مراحل پایانی هر دوره آتشفشانی دیده می‌شود. بروندمهای حاصل از این آتشفشانیها، به رسوبات شیمیایی، یا زیست شیمیایی که در یک محیط آرام ته‌نشین می‌شده‌اند، افزوده شده (Barnes, 1983) و همراه با آنها رسوب کرده و در طی مراحل مختلف دیاژنز، کانه‌ها، تحرک دوباره پیدا کرده و تبلور یافته‌اند. بر اساس Raith (1991)، پیش تمرکز تنگستن، به فرایندهای همزمان با رسوبگذاری - دیاژنز مرتبط است.

کانه‌زایی در کانسار چاه کلپ از نظر سنگ درونگیر، رخساره دگرگونی، موقعیت زمین‌ساختی، آتشفشانی هم‌منشأ، کانی‌شناسی ماده معدنی، گسترش کانه‌زایی، شکل ماده معدنی، ساخت و بافت و منشأ کانه‌زایی شباهت بسیاری با کانسار تنگستن چینه‌سان بروکن هیل (Plimer,1994; Plimer, 1987; Kwak,1987; Barnes, 1983) و Austroalpine Crystalline Complex اتریش (Raith, 1991) دارد (جدول ۱). علاوه بر کانسارهای یاد شده، کانسار چاه کلپ با کانسارهای ایالت شیلیت Serido در شمال برزیل (Salim et al., 1991)، کانسار Montane Noire فرانسه (Gibert et al., 1992)، کانسار New Mexico (Fulp & Renshaw, 1985) و هندوکش پاکستان (Leake et al., 1989) شباهتهای گسترده‌ای دارد. در جدول ۱ مقایسه‌ای بین کانسار چاه کلپ، با کانسارهای دور منشأ و نزدیک منشأ شاخص دنیا Broken Hill، ACC، Felberttal، Kleinarltal و کانسار بامسر انارک انجام شده است. بر اساس تقسیم بندی کانسارهای تنگستن چینه‌سان که در سال ۱۹۸۸ توسط Cheilletz پیشنهاد شده است، کانه‌زایی چاه کلپ در ردیف کانسارهای تنگستن چینه‌سان بروندمی–آتشفشان‌زاد دور منشأ قرار می‌گیرد که در مجموعه آتشفشانی- رسوبی تریاس بالایی- ژوراسیک رخ داده است. شواهد تأیید کننده زایش پیشنهادی عبارتند از:

- حضور سنگهای آتشفشانی در توالی آتشفشانی- رسوبی منطقه معدنی
- رخداد کانه‌زایی در همبری کربناتهای دگرگونی با توفهای فلسیک دگرگون شده که تأمین کننده عناصر کانه‌ساز بوده‌اند.
- شکل چینه‌سان، چینه کران و عدسیهای همخوان با لایه بندی ماده معدنی و قرارگیری شیلیت و سولفیدها در شش افق کانه‌دار.
- وجود نوارهای چینه‌ای و ریزلایه‌ای شیلیت و سولفیدهای فلزهای پایه به‌صورت بین لایه‌ای با سنگ آهکهای چرت‌دار دگرگون شده.
- رخداد سولفید توده‌ای در افق کانه‌دار اصلی.
- عدم ارتباط زمانی و مکانی افقهای کانه‌دار با توده‌های نفوذی.
- عدم پیروی کانه‌زایی از گسلها و شکستگیهای محلی. درزه‌ها و شکستگیها

Archive of SID

www.SID.ir

وقتی کانه‌دار هستند که از محدوده مرز پایینی کربناتها و متافلسیک آتشفشانیها (محل افق کانه‌دار اصلی) عبور می کنند، به طوری که شکستگیها با دور شدن از محل افق کانه‌دار، بی بار می‌شوند.

– شباهتهای بسیار کانسار تنگستن (مس– روی) چاه کلپ با کانسارهای تنگستن چینه‌سان بروندمی شاخص از نظر سنگ درونگیر، شکل، بافت و ساخت، ترکیب کانی شناسی، پاراژنز و محیط زمین‌ساختی.

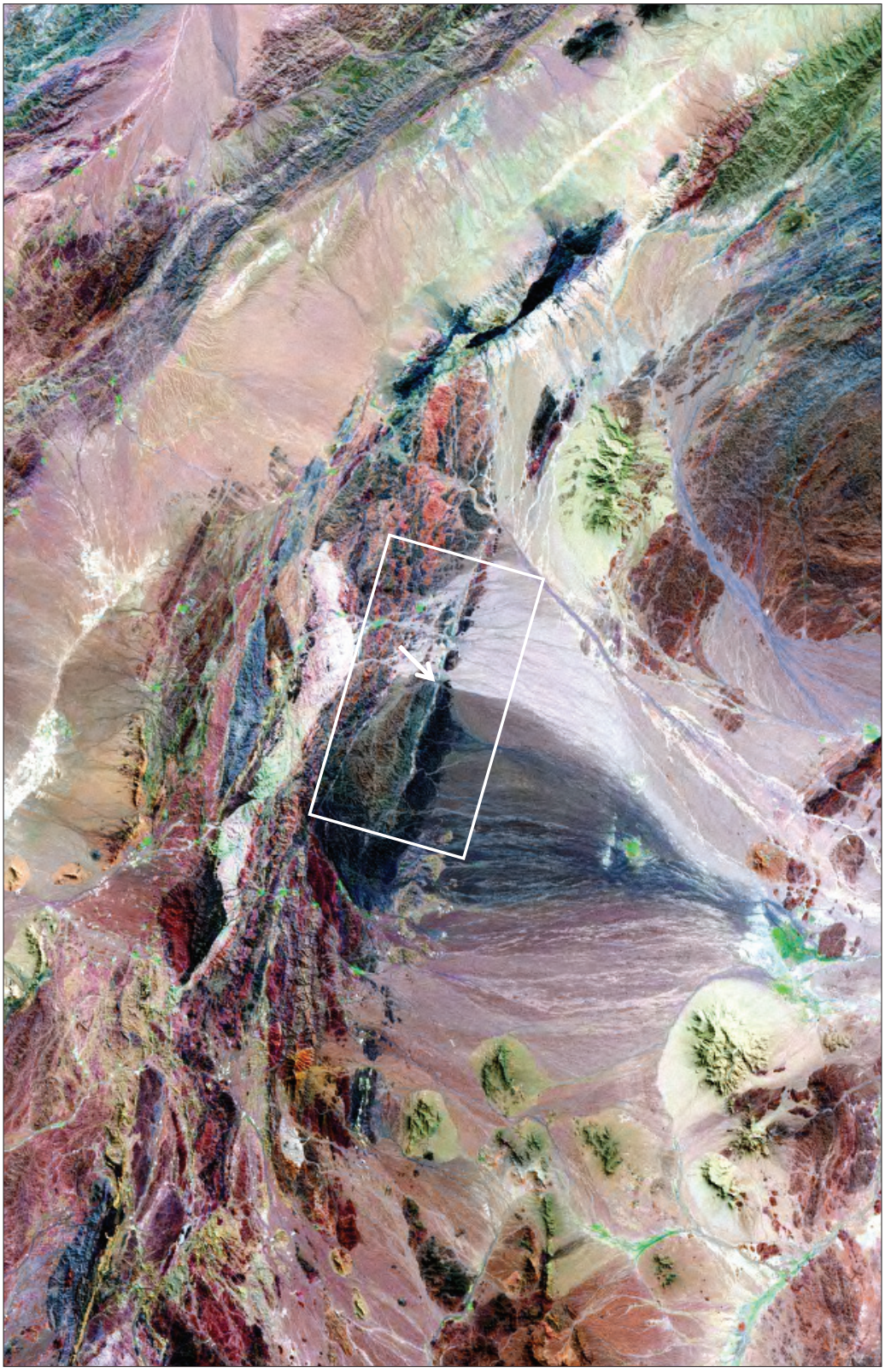
شایان ذکر است که کانه‌زایی تنگستن (مس–روی) چینه‌سان چاه کلپ را نمی‌توان جدا از دیگر رخدادهای تنگستن ایران، که در همین توالی آتشفشانی–رسوبی تشکیل شده‌اند، در نظر گرفت. در واقع کانسار تنگستن (مس– روی) چاه کلپ، بخشی از کانه‌زایی تنگستن– مس– روی همزمان با رسوبگذاری مجموعه آتشفشانی– رسوبی تریاس بالایی– ژوراسیک ایران است، که در نقاط مختلف ایران از جمله در کانسار تنگستن چینه‌سان بامسر اراک در زون سنندج–سیرجان (عزیزپور، ۱۳۷۸) و چاه پلنگ جنوبی انارک در ایران مرکزی (کریمی بافقی، ۱۳۶۷) گزارش شده است. به تازگی براساس اکتشافات ژئوشیمیایی آبراهه‌ای، بی‌هنجاریهایی از تنگستن و فلزهای پایه در واحدهای آتشفشانی–رسوبی تریاس بالایی–ژوراسیک قروه نیز گزارش شده است (حسنی پاک، ۱۳۸۱). بر اساس این شواهد می توان پیش بینی نمود که سریهای آتشفشانی– رسوبی تریاس بالایی تا ژوراسیک در ایران مرکزی و سنندج–سیرجان احتمالاً می‌توانند از پتانسیل خوبی برای کانه‌زایی تیپ چاه کلپ برخوردار باشند. بر این اساس سریهای فوق باید برای پی‌جویی و شناسایی کانه‌زایی تنگستن، مورد توجه جدی قرار گیرند.

سپاسگزاری

نگارندگان این مقاله برای انجام این پژوهش از حمایتهای معاون پژوهشی دانشگاه تربیت مدرس برخوردار بوده‌اند که از ایشان قدردانی و سپاسگزاری می‌گردد. از مدیریت محترم سازمان زمین شناسی مرکز مشهد و کارشناس مسئول پروژه اکتشافی چاه کلپ، مهندس عسکری به خاطر همکاریهای صمیمانه و در اختیار قرار دادن مغزه‌های گمانه‌های حفاری صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می گردد. از پروفسور Raith استاد دانشگاه Leoben اتریش، برای راهنماییهای ارزنده ایشان در طول مراحل مطالعه مقاطع و تجزیه میکروپروب بیش از ۱۵۰ نقطه، مسئولین محترم آزمایشگاه زمین شناسی دانشگاه Leoben اتریش بابت حمایتهای مالی و از آقایان پروفسور Meinert، پروفسور Plimer و دکتر Cheilletz که همواره پرسشهای علمی را، در کوتاه ترین زمان ممکن، پاسخ داده‌اند، صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می گردد.

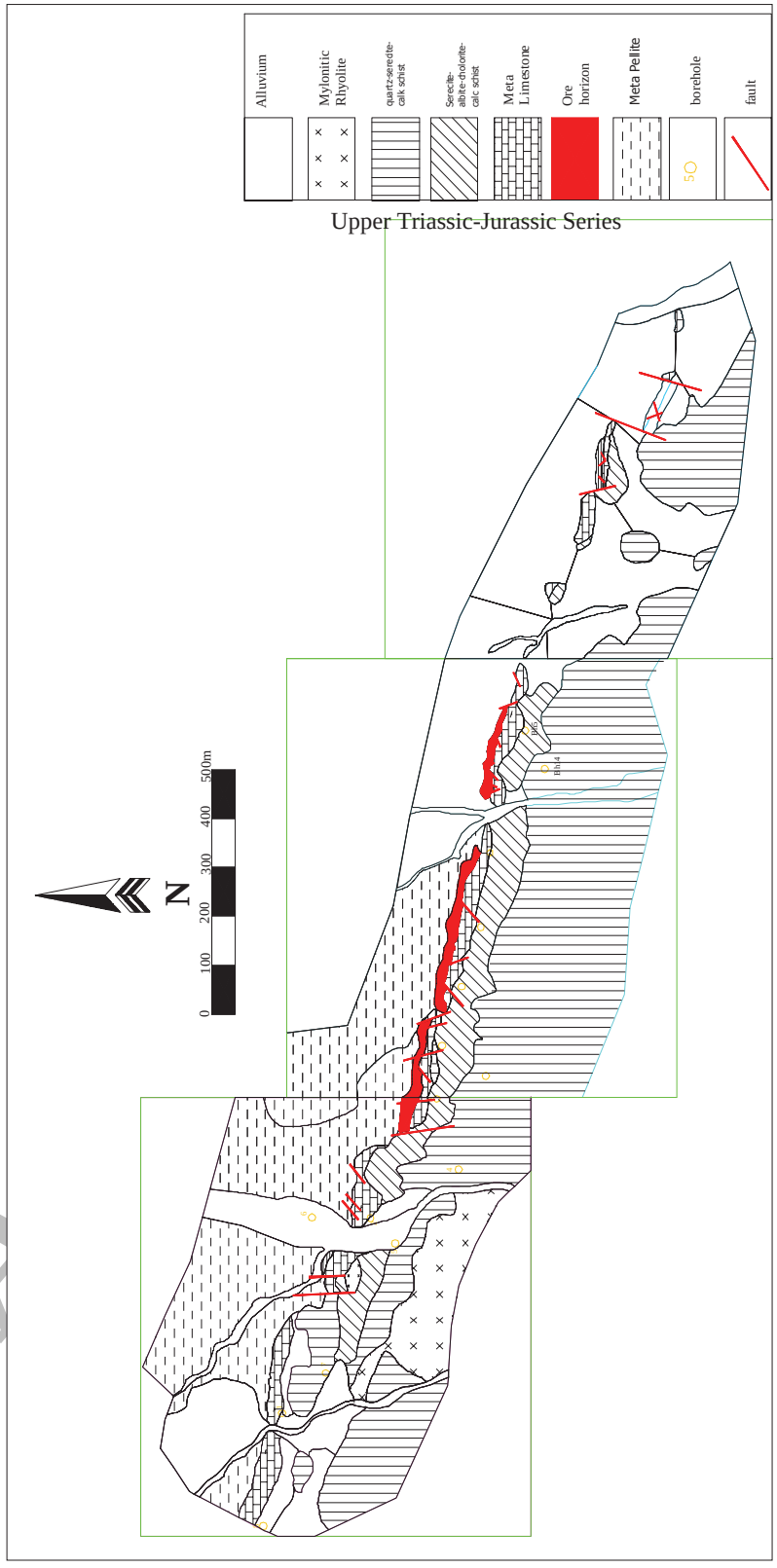
تصویر ۱– موقعیت کانسار چاه کلپ و راههای دسترسی به آن

Archive of SID
www.SID.ir



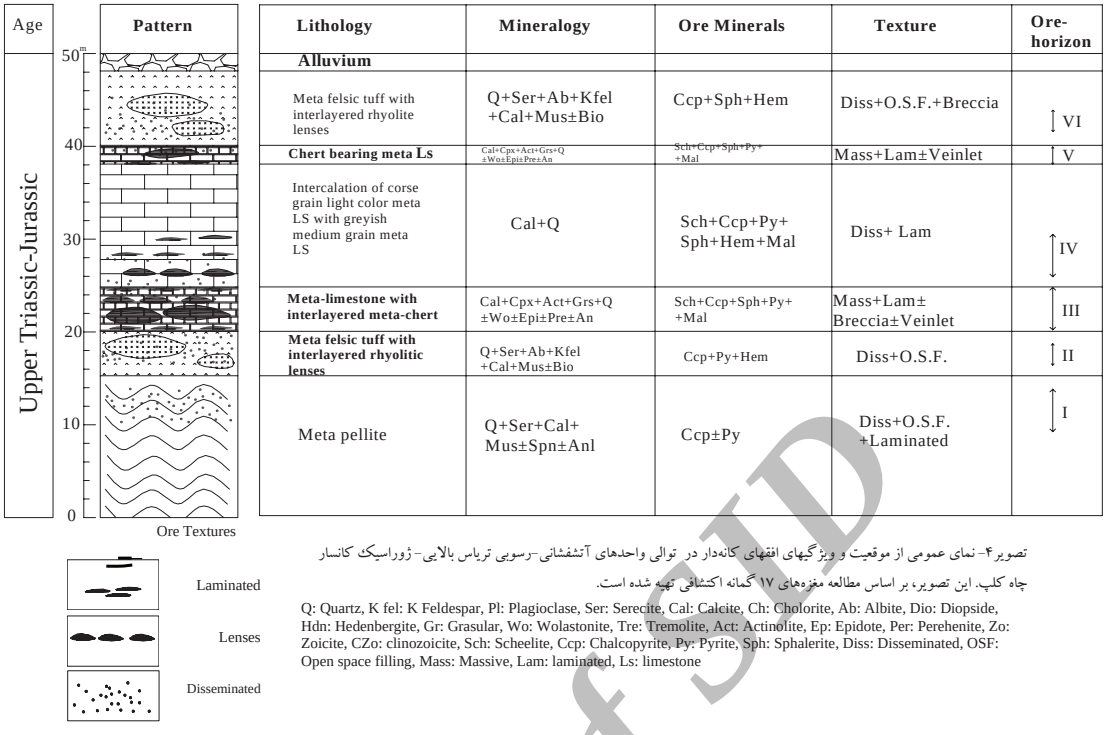
تصویر۲- موقعیت کانسار تنگستن (مس–روی) چاه کلپ و توالی آتشفشانی–رسوبی تریاس بالایی–ژوراسیک (مستطیل سفید رنگ) در عکس ماهواره‌ای (تصویر Landsat TM منطقه ایران، ۱۹۹۰) نسبت به بلوک لوت و زون نهبندان–خاش یا زمین درز سیستان (Tirrul et al., 1981).

www.SID.ir



تصویر ۳- نقشه زمین شناسی منطقه معدنی چاه کلپ

www.SID.ir

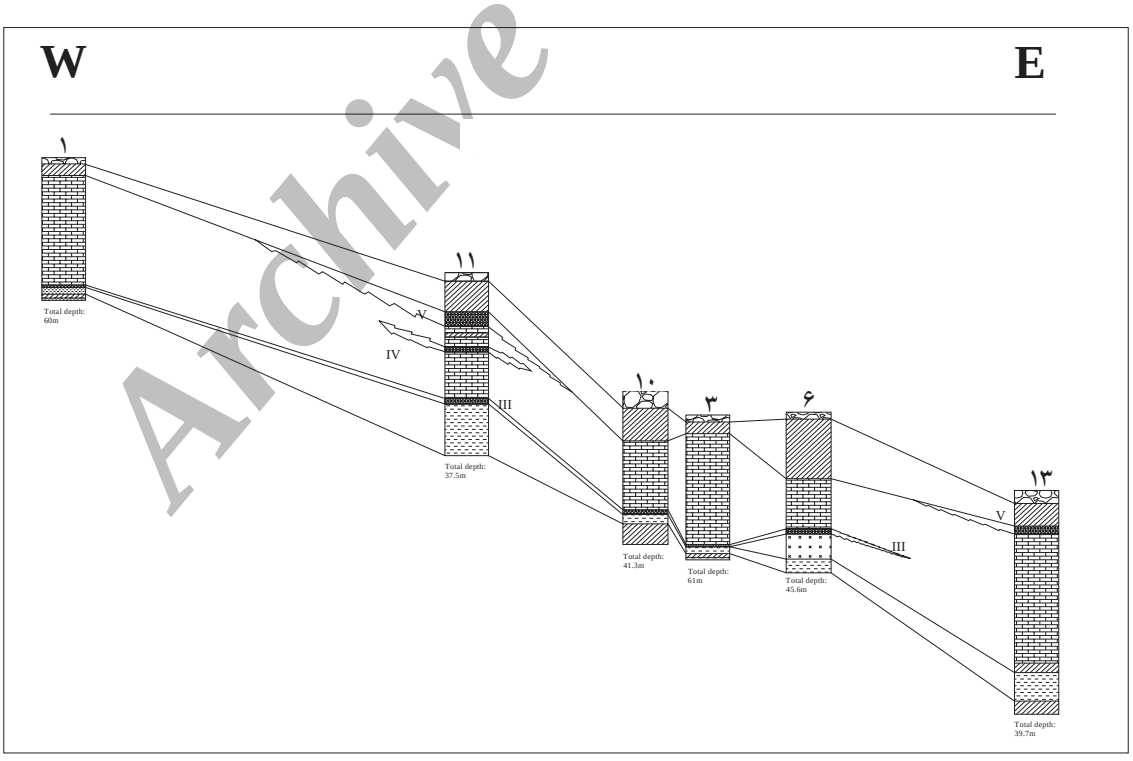


Lithology	Mineralogy	Ore Minerals	Texture	Ore-horizon
Alluvium				
Meta felsic tuff with interlayered rhyolite lenses	Q+Ser+Ab+Kfel +Cal+Mus±Bio	Ccp+Sph+Hem	Diss+O.S.F.+Breccia	VI
Chert bearing meta Ls	Cal+Cpx+Act+Grs+Q ±Wo±Epi±Pre±An	Sch+Ccp+Sph+Py+ +Mal	Mass+Lam±Veinlet	V
Intercalation of corse grain light color meta LS with greyish medium grain meta LS	Cal+Q	Sch+Ccp+Py+ Sph+Hem+Mal	Diss+ Lam	IV
Meta-limestone with interlayered meta-chert	Cal+Cpx+Act+Grs+Q ±Wo±Epi±Pre±An	Sch+Ccp+Sph+Py+ +Mal	Mass+Lam± Breccia±Veinlet	III
Meta felsic tuff with interlayered rhyolitic lenses	Q+Ser+Ab+Kfel +Cal+Mus±Bio	Ccp+Py+Hem	Diss+O.S.F.	II
Meta pellite	Q+Ser+Cal+ Mus±Spn±Anl	Ccp±Py	Diss+O.S.F. +Laminated	I

Q: Quartz, K fel: K Feldespar, Pl: Plagioclase, Ser: Serecite, Cal: Calcite, Ch: Cholorite, Ab: Albite, Dio: Diopside, Hdn: Hedenbergite, Gr: Grasular, Wo: Wolastonite, Tre: Tremolite, Act: Actinolite, Ep: Epidote, Per: Perehenite, Zo: Zoicite, CZo: clinozoicite, Sch: Scheelite, Ccp: Chalcopyrite, Py: Pyrite, Sph: Sphalerite, Diss: Disseminated, OSF: Open space filling, Mass: Massive, Lam: laminated, Ls: limestone

تصویر۴- نمای عمومی از موقعیت و ویژگیهای افقهای کانه‌دار در توالی واحدهای آتشفشانی-رسوبی تریاس بالایی- ژوراسیک کانسار چاه کلپ. این تصویر، بر اساس مطالعه مغزه‌های ۱۷ گمانه اکتشافی تهیه شده است.

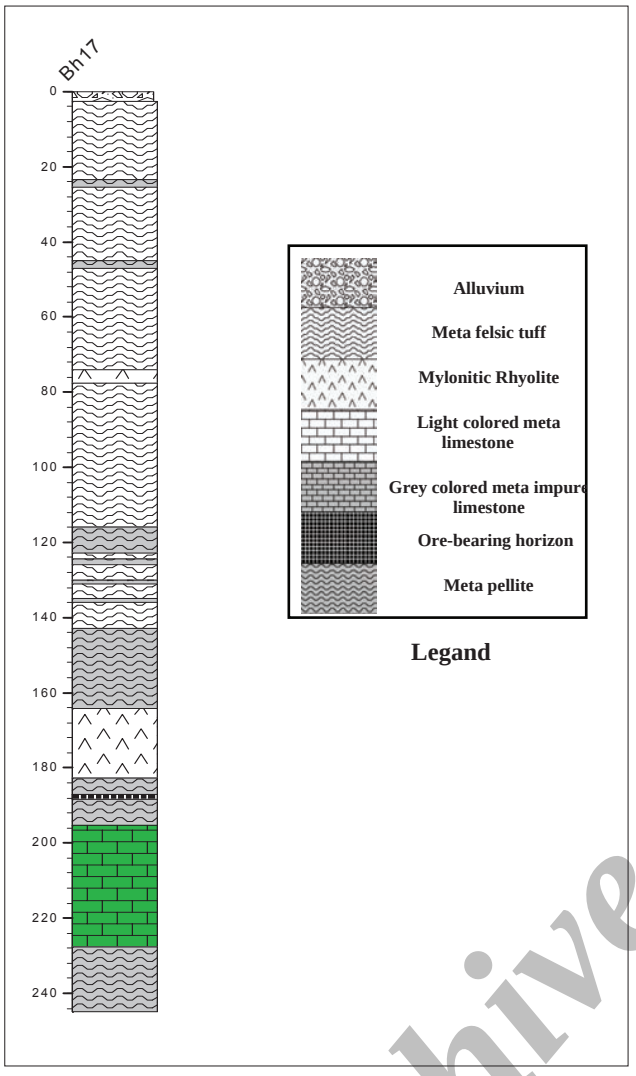
تصویر۴- نمای عمومی از موقعیت و ویژگیهای افقهای کانه‌دار در توالی واحدهای آتشفشانی-رسوبی تریاس بالایی- ژوراسیک کانسار چاه کلپ. این تصویر، بر اساس مطالعه مغزه‌های ۱۷ گمانه اکتشافی تهیه شده است.



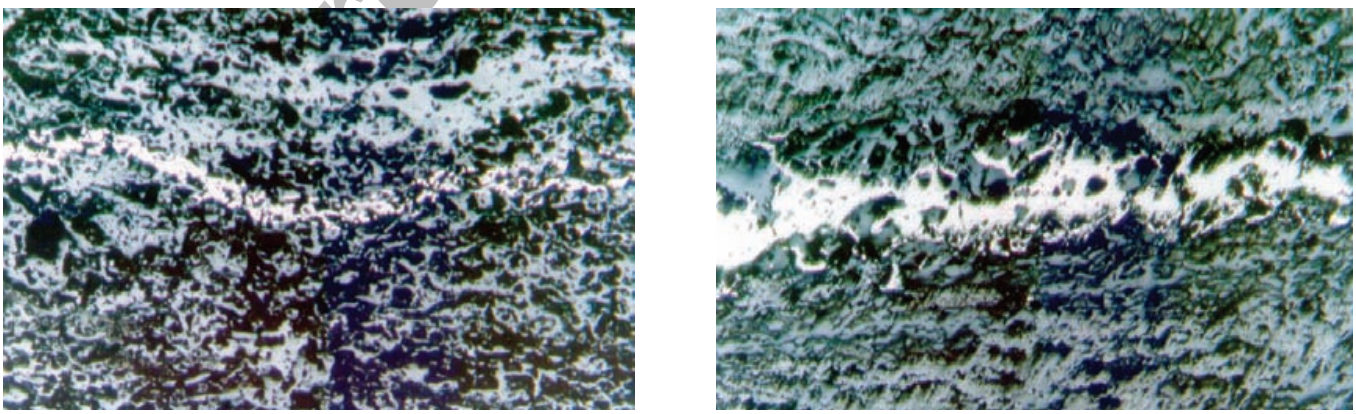
تصویر ۵- موقعیت افقهای کانه‌دار III، IV و V و تغییرات جانبی آنها در ستونهای چینه‌ای گمانه‌های اکتشافی شماره ۱، ۳، ۶، ۱۰، ۱۱،۱۳.
فاصله گمانه ۱ تا ۱۳ در حدود ۱۰۰۰ متر می باشد(برای راهنما به تصویر ۱۱ مراجعه شود).

Archive of SID

www.SID.ir



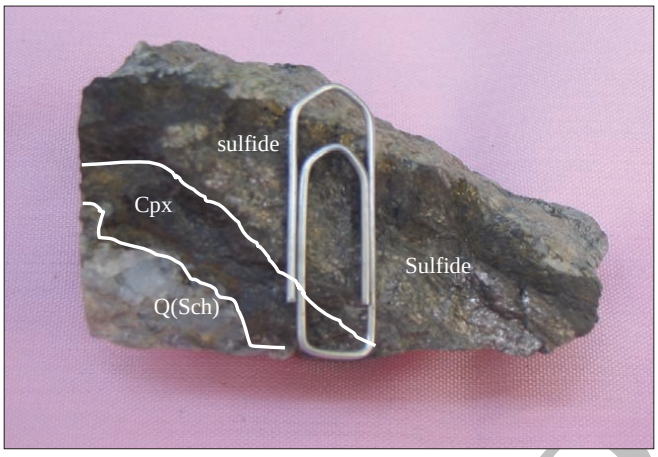
تصویر ۶- ستون چینه‌ای مربوط به گمانه اکتشافی شماره ۱۷ و جایگاه افق کانه‌دار I در میان متاپلیتها



تصویر ۷- پیریت بدون شکل با بافت ریزلایه (نوار سفید رنگ) در افق کانه‌دار I که هم‌روند و به‌موازات لایه‌بندی ظریف توفهای فلسیک دگرگون‌شده دراز شده است. (نور بازتابی، دو نیکل عمود بر هم، بزرگنمایی 10X)

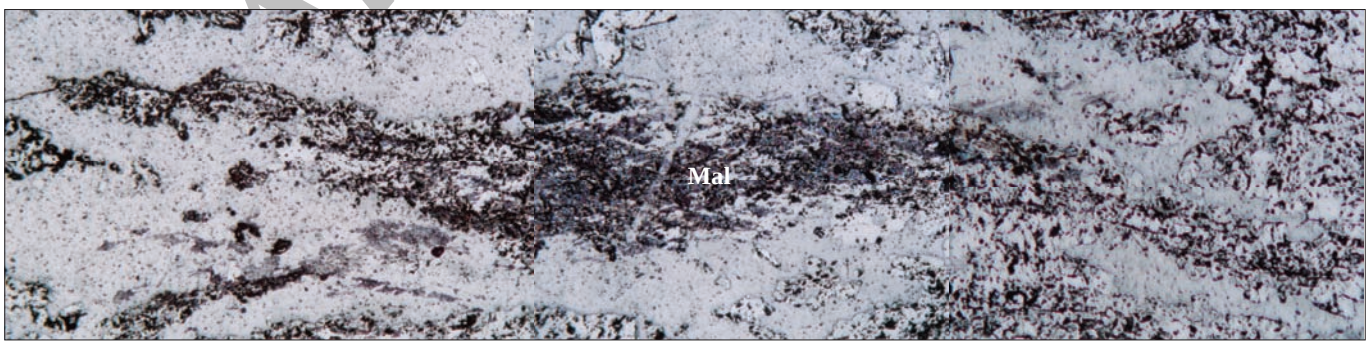
Archive of SID

www.SID.ir



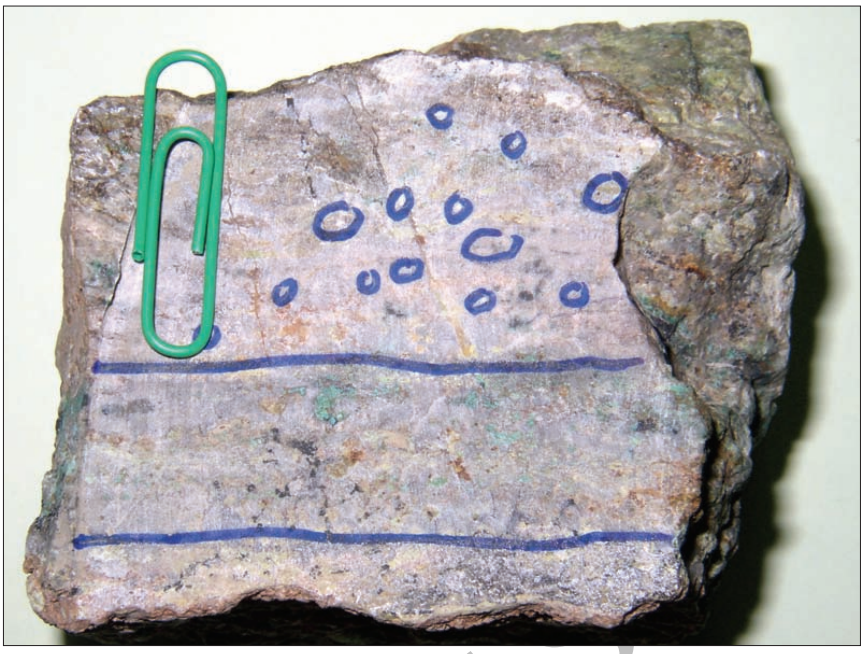
تصویر ۸- سولفید توده‌ای در افق کانه‌دار III. بیش از ۷۰ درصد این نمونه از سولفید (کلکوپیریت و اسفالریت) تشکیل شده است. نوار سفید رنگ، باند سیلیسی حاوی شیلیت (Sch) و نوار سیاه رنگ تجمع کانیهای کلیسمی-سیلیکاتی و بخصوص کلینوپیروکسن (Cpx) است.

تصویر ۹- بافت ریز لایه در نمونه‌ای از افق کانه‌دار III در این تصویر بخشهای روشن، عدسیهای متاچرتی حاوی زیرلایه‌های شیلیت‌دارهستند. ریزلایه‌های شیلیت به تبع از سنگ درونگیر چین خورده‌اند.

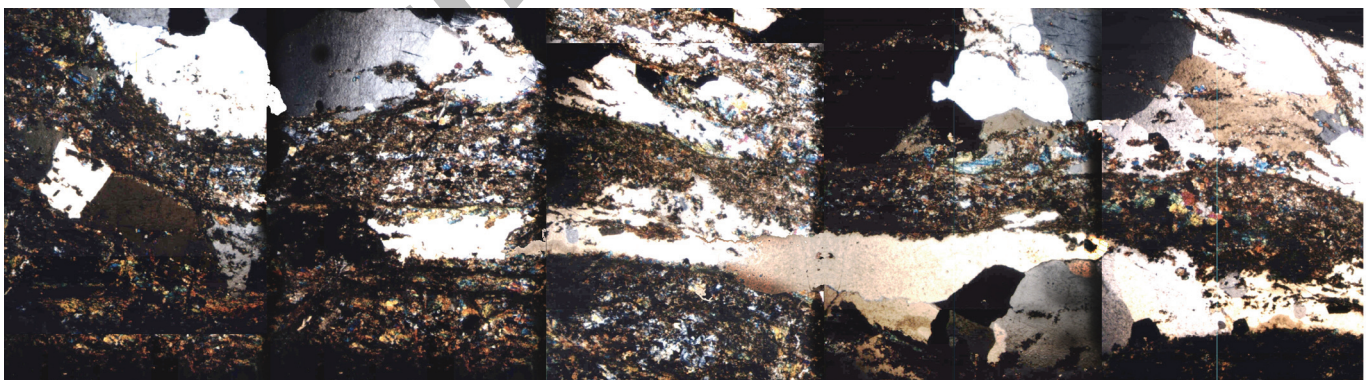


تصویر ۱۰- بافت ریزلایه‌ای مالاکیت (Mal) حاصل از تجزیه کلکوپیریت در افق کانه‌دار III. بخشهای روشن از کوارتز، کلسیت، گارنت و اپیدوت تشکیل شده است. (نور بازتابی طبیعی، بزرگنمایی 5X)

www.SID.ir

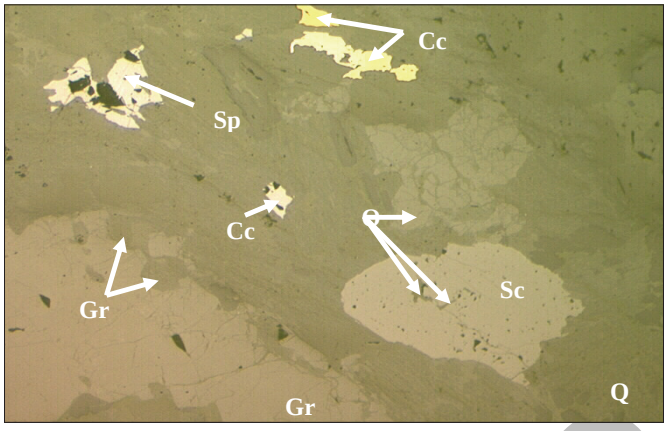


تصویر ۱۱– بافت ریزلایه از شیلیت و مالاکیت (حاصل تجزیه کلکوپیریت در افق کانه‌دار IV) . سنگ درونگیر ماده معدنی در این افق، آهک چرت‌دار (افق کلسیمی– سیلیکاتی) است. در بخشهایی که با دایره مشخص شده‌اند، شیلیت دانه پراکنده و بخشی که با خط ممتد مشخص شده است، شیلیت با بافت ریزلایه تشکیل شده است.



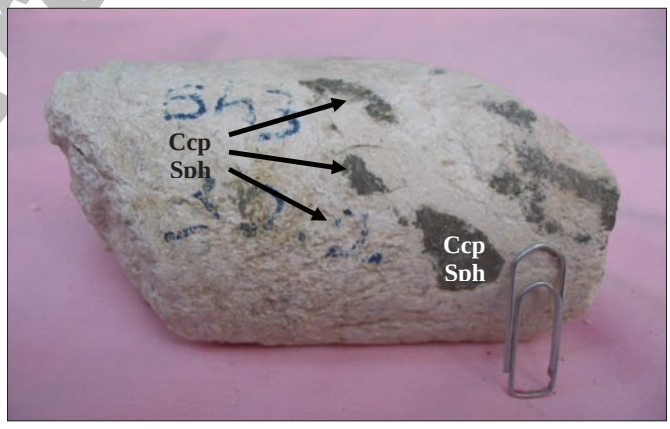
تصویر۱۲– تصویر میکروسکوپی پاناروما از نمونه‌ای از سنگ درونگیر افق کانه‌دار شماره IV. در این تصویر عدسیها و نوارهای متاچرتی (Q) حاوی شیلیت (Sch) به خوبی نمایان است. ریزلایه‌های شیلیت در زیر نورUV در این مقطع شناسایی شد. در این مقطع که از نمونه سنگی تصویر ۴-۶ تهیه شده است، تناوب نوارهای متاچرتی و بخشهای کلسیت، کلینوزویسیت، پرهنیت‌دار قابل مشاهده است. در این سنگ رخداد شیلیت محدود به بخشهای چرتی است. (نور عبوری، دو نیکل عمود بر هم، بزرگنمایی 2.5X)

www.SID.ir



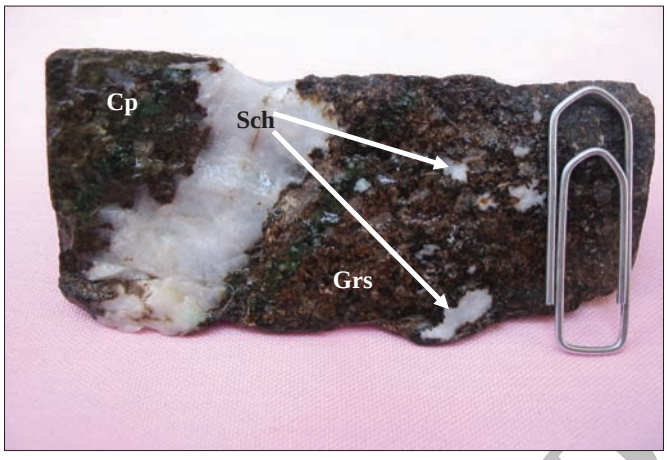
تصویر ۱۳- بافت دانه پراکنده در افق کانه‌دار IV. در این تصویر بافت دانه پراکنده کلکوپیریت (Ccp)، اسفالریت (Sph) و شیلیت (Sch) قابل مشاهده است. در این نمونه کانیهای باطله عمدتاً از کوارتز (Q) و گروسولار (Grs) تشکیل شده‌اند. (تصویر نور بازتابی میکروپروب، بزرگنمایی 20X)

تصویر ۱۴- بافت نیمه توده‌ای کلکوپیریت (Ccp) در افق کانه‌دار V در همبری بالایی آهکهای دگرگون شده و توفهای فلسیک. بخشهای زرد رنگ، کلکوپیریت است.



تصویر ۱۵- برش درون سازندی در افق کانه‌دار VI با میزبان توف فلسیک دگرگون شده. بخشهای سفیدرنگ کوارتز- سریسیتی است و لکه‌های زردرنگ، قطعات برشی حاوی کلکوپیریت (Ccp) و اسفالریت (Sph) است. در متن سنگ نیز، کلکوپیریت و اسفالریت دانه پراکنده وجود دارد.

Archive of SID
www.SID.ir



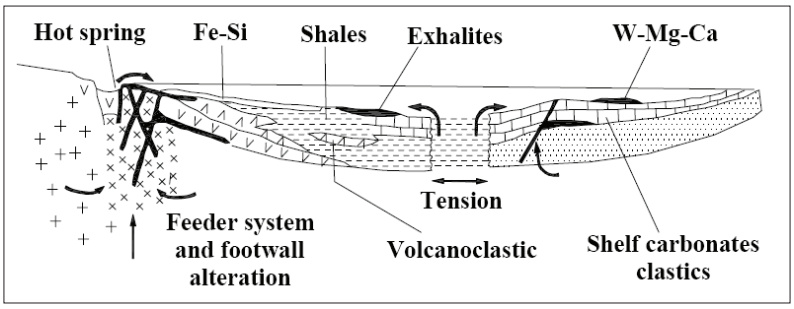
تصویر ۱۶- بافت پر کننده فضاهای خالی شیلیتها (Sch) درون بخشهای کوارتزی (سفید رنگ) در افق کانه‌دار III. سنگ درونگیر این افق، سنگ آهک چرت‌دار دگرگون شده گراسولار (Grs) و کلینوپیروکسن (Cpx)دار است.

Mineral		Deposition & Diagenesis	Regional metamorphism		Weathering
			Early	Late	
Scheelite		—	—	—	
Chalcopyrite		—	—	—	
Sphalerite		—	—	—	
Pyrite		—	—	—	
Arsenopyrite		—	—		
Pyrhotite			—		
Covelite					—
Iron oxides and hydroxides					—
Azurite					—
Malachite					—
Chalcocite					—
Calcite		—	—	—	
Quartz		—	—	—	
Diopside			—	—	
Grasularite			—	—	
Wolastonite				—	
Actinolite			—	—	
Epidote			—	—	
Prehenite					—
Textures	Disseminated	—	—	—	
	Massive	—	—		
	Laminated	—			
	Open Space Filling			—	

تصویر ۱۷- توالی پاراژنتیک کانه‌ها و کانیها در افقهای کانه‌دار کانسار تنگستن (مس- روی) چاه کلپ

Archive of SID

www.SID.ir



تصویر ۱۸- مدل تشکیل احتمالی کانسار تنگستن (مس–روی) بروندمی–آتشفشان زاد دور منشأ چینه‌سان چاه کلپ، جنوب بیرجند (بر گرفته از Cheilletz, 1988) مجموعه داده‌ها (جدول ۱) حاکی از آن است که موقعیت کانسار چاه کلپ بیشتر در بخش دور منشأ قرار دارد.

جدول ۱- مقایسه ویژگیهای اصلی کانسار چاه کلپ با Broken Hill استرالیا، کانسارهای Kleinarlta و Felbertal، و ACC اتریش و کانسار بامسر اراک

کانسار	Broken Hill استرالیا	Kleinarltal اتریش	Felbertal اتریش	Austroalpine Crystalline Complex اتریش	بامسر اراک	چاه‌کلپ بیرجند
سنگ درونگیر	کوارتز-فلدسپار- پیوتیت گنیس، تورمالینیت، آمفیولیت، تبخیریهای دگرگون‌شده	سنگ آهک، نوارهای کوارتزیتی، شیلهای سیاه، دولومیت	نوارهای کوارتزیتی درون سنگ‌های متابازی	مرمر، تورمالینیت، رگه‌های کوارتزی	اکتینولیت-ترمولیت- دیوپسید-کوارتز شیست آهکی، سنگ آهک چرتی اکتینولیت و دیوپسیددار دگرگون	سنگ آهک دگرگون‌شده با میان- لایه‌های کوارتزیتی اکتینولیت، ترمولیت، دیوپسید دار
سن سنگ‌میزبان	پروتروزوییک میانی	پالئوزوییک پایینی	پالئوزوییک پایینی	پالئوزوییک پایینی	تریاس بالایی-ژوراسیک-زیرین	تریاس بالایی-ژوراسیک پایینی
رخساره دگرگونی	آمفیولیت بالایی- گرانولیت	آلماندین-شیست سبز	آلماندین-شیست سبز	آمفیولیت پایینی	شیست‌سبز-آمفیولیت‌زیرین	شیست‌سبز-آمفیولیت‌زیرین
موقعیت زمین‌ساختی	کافت درون قاره‌ای	فلات قاره‌ای	کافت درون قاره‌ای	کافت درون قاره‌ای	کافت درون قاره‌ای	کافت درون قاره‌ای
آتشفشانی همراه	آتشفشانی تولئیتی داسیتی، ریوداسیتی	اسیدی	تناوب آتشفشانی فوق- بازی، بازی و اسیدی با ماهیت تولئیتی و کلسیمی - قلیایی	اسیدی تا حد واسط	اسیدی-بازی	اسیدی
کانی‌شناسی ماده معدنی	شیلیت،گالن،اسفالریت، کلکوپیریت،مارکاسیت،کوولیت، پیریت،پیروتیت،آرسنوپیریت، مولیبدنیت	شیلیت	شیلیت، پیروتیت کلکوپیریت، مولیبدنیت، بریل، بیسموتینیت، بیسموت خالص، نقره و طلا	شیلیت، گرافیت، ایلمنیت	شیلیت،آرسنوپیریت، کلکوپیریت،پیریت، اسفالریت،کاسیتریت، کلکوسیت،کوولیت، بیسموتیت	شیلیت،کلکوپیریت،اسفالریت، آرسنوپیریت، پیریت
گسترش کانه‌زایی	۲ کیلومتر	؟	۲/۵ کیلومتر	۲ کیلومتر	۱/۵ کیلومتر	۲ کیلومتر
شکل ماده‌معدنی	چینه‌سان و چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌کران	چینه‌سان و چینه‌کران	چینه‌سان و چینه‌کران	چینه‌سان
ساخت و بافت	لایه‌ای، دانه‌پراکنده، توده‌ای (سولفید)، رگه‌ای	لایه‌ای، ریزلایه و عدسیهای همخوان، رگه و رگچه‌ای	لایه‌ای، ریزلایه، عدسیهای همخوان	ریزلایه، دانه‌پراکنده، رگه‌ای	دانه‌پراکنده، ریزلایه و رگه‌ای	دانه پراکنده، ریزلایه، توده‌ای (سولفید)، برشی
مراحل تشکیل	۱- رسوبی-دیاژنتیک ۲- دگرگونی ناحیه‌ای	۱- رسوبی-دیاژنتیک۲- دگرگونی ناحیه‌ای	۱-بروندمی-رسوبی ۲- دیاژنز ۳- دگرگونی ناحیه‌ای	۱-بروندمی-رسوبی ۲- دیاژنز ۳- دگرگونی ناحیه‌ای	۱- رسوبی-دیاژنتیک۲- دگرگونی ناحیه‌ای	۱- رسوبی- دیاژنتیک ۳- دگرگونی ناحیه‌ای
منشأ	فرایندهای بروندمی،رسوبی و تبخیری	فرایندهای بروندمی زیردریایی	فرایندهای بروندمی زیردریایی	فرایندهای بروندمی، گرمابی	فرایندهای بروندمی-رسوبی	فرایندهای بروندمی-رسوبی
تیپ	بروندمی آتشفشان‌زاد دور منشأ	بروندمی آتشفشان‌زاد دور منشأ	بروندمی آتشفشان‌زاد نزدیک منشأ	بروندمی آتشفشان‌زاد نزدیک منشأ	بروندمی آتشفشان‌زاد	بروندمی آتشفشان‌زاد دور منشأ
منبع	Plimer,1994	Holl et al., 1972	Holl & Schenk, 1987	Raith,1991	عزیزپور مفوان، ۱۳۷۸	شعله، ۱۳۸٤؛ شعله و همکاران، ۱۳۸۲ و ۱۳۸۳

Archive of SID

www.SID.ir

کتابنگاری

تدین اسلامی، ا.، ۱۳۵۲– گزارش اکتشافی معدن چاه کلپ و لاخ سفید، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰ص.

حسنی پاک، ع.ا.، ۱۳۸۱– گزارش اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک در محدوده برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ قروه

خویی، ن.، ۱۳۶۲– کانی سازی چاه کلپ و شرایط تشکیل آن، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۲ص.

شعله، ع.، راستاد، الف.، باباخانی، ع. و عسکری، ع.، ۱۳۸۲– کانه زایی تنگستن–قلع (مس–روی–طلا) چینه‌سان در منطقه چاه کلپ، جنوب بیرجند. بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

شعله، ع.، راستاد، الف.، باباخانی، ع. و عسکری، ع.، ۱۳۸۳– ساخت و بافت و کانی‌شناسی کانسار تنگستن–قلع (مس–روی–طلا) در توالی آتشفشانی–رسوبی تریاس بالایی– ژوراسیک در منطقه چاه کلپ، جنوب بیرجند. بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

شعله، ع.، راستاد، الف.، باباخانی، ع. و عسکری، ع.، ۱۳۸۳– ژئوشیمی عناصر اصلی و کمیاب در ماده معدنی و سنگ های همراه کانسار تنگستن–قلع (مس–روی–طلا) چاه کلپ، جنوب بیرجند. بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

شعله، ع.، ۱۳۸۴– کانی‌شناسی، ژئوشیمی، ساخت و بافت و ژنز کانسار تنگستن–قلع (مس–روی–طلا) چاه کلپ، جنوب بیرجند. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

عزیزپور مغوان، م.، ۱۳۷۸– ژئوشیمی، کانی شناسی و ژنز اثرهای معدنی تنگستن اسکارنی بامسر و رگه‌ای روشت و مقایسه آنها با کانسار تنگستن نظام آباد (شازند اراک). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس. ۱۴۶ ص.

کریمی بافقی، م. ر.، ۱۳۶۷– گزارش تهیه نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰ کانسار تنگستن چاه پلنگ جنوبی، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

مؤمن زاده، م.، اکرمی، م. و مباشر، ا.،۱۳۵۳– گزارش بازدید معدن چاه کلپ، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۰ص.

References

Barnes, R. G.,1983- Sratiform and Stratabound tungsten mineralization in the Broken Hill Block, N.S.W., J. Geol. Soc. Austr., 30: 225-239

Beran, A., God, R., Gotzinger, M. & Zemann, J.,1985- A scheelite mineralization in calc-silicate rocks of the Moldanubicum (Bohemian Massif) in Australia, Mineral. Dep. 20:16-22

Berberian, M., King, G. C., 1981- Towards a paleogeography and tectonic evolution of Iran. Can. J. Earth Sci., 18: 210-265

Burchard, U., 1972- Geologische Untersuchungen zur genese der scheelitlagerstatte King Island/Tasmanien. Inaug. Diss., 88 p., Univ. Munich

Cheilletz, A., 1988- Stratiform Tungsten Deposits: a review. Geologie en Mijnbouw, 67: 293-311

Cheilletz, A., Giuliani, G., 1988- Epigenesis versus syngenesis: a contribution to the debate based on the stratiform tungsten skarn mineralization of Djebel Aouam, central Morocco. Seventh quadrennial IAGOD symposium, D-7000 Stuttgart

Fulp, M. S. & Renshaw, J. L., 1985- Volcanogenic exhalative tungsten mineralization of Proterozoic age near Santa Fe, N.M., and Implication for Exploration. Geology, 13: 66-69.

Gibert F., Moine, B., Schott, G. & Dandurand, G. L., 1992- Modeling of transport and deposition of tungsten in the scheelite-bearing calc-silicate gneises of the Montagne Noire, France. Contr. Mineral. Petrol., 112: 371-384

Holl, R., 1970- Scheelite prospektion und scheelite vorkommen im Bundesland, Salzburg, osterreich. Chem. Erde., 28: 185-03

Holl, R., 1975- Die scheelit-lagerstatte Felbetal und der vergleich mit anderen scheelitvorkommen in den Ostalpen: Bayrischen Akademie der Wissenschaften Abhandlungen, Mathemathisch-Naturwissenschaftliche Klasse, 157A: 1-114

Holl, R., 1976- The strata-bound ore deposits in the eastern Alps. in K.H. Wolf (ed.), Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits. Elsevier, Amsterdam, 5: 1-36

Archive of SID

www.SID.ir

Holl, R., 1986- Nature and origin of the tungsten deposit Felbertal, Austria. In: colloque Europeen gisements de tungstene. Tolouse, Univ. Paul Sabatier, 12-14 Mai, (Abstr): 7

Holl, R., Maucher, A. A. & Westenberger, H., 1972- Syn-sedimentary diagenetic ore fabrics in the strata and time-bound scheelite deposits of Kleinarltal and Felbertal in the eastern Alps. Mineral. Dep., 7: 217-226

Kwak, T. A. P., 1987- W-Sn Skarn deposits and related metamorphic skarns and granitoids, Elsevier, 451p.

Leake, R .C., Fletcher, C. J. N., Haslam, H. W., Khan, B. & Shakiarullah, 1989- Origin and tectonic setting of startabound tungsten mineralization within the Hindu Kush of Pakistan. J. Geol. Soc. Lon., 146: 1003-1016

Maiden, K. J., 1981- A discussion of the paper by I. R. Plimer 'Exhalative Sn and W deposits associated with mafic volcanism as precursors to Sn and W deposits associated with granites'. Mineral. Dep., 16: 455-456

Maucher, A., 1976- The strata-bound cinnabar-stibinite-scheelite deposits. In K.H. Wolf (ed.): Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits. Elsevier, Amsterdam, 7: 477-503

Plimer, I. R., 1978- Proximal and distal startabound ore deposits. Mineral. Dep., 13: 345-353

Plimer, I. R., 1987- Remobilization in high-grade metamorphic environment. Ore Geol. Rev., 2: 231-245

Plimer, I. R., 1987- The association of tourmalinite with stratiform scheelite deposits. Min. Dep., 22: 282-291

Plimer, I. R., 1988- Broken Hill, Australia and Bergslagen, Sweden- why God and Mammon bless the Antipodes. In: J.H. Baker & R. H. Hellingwerf (eds.), The Bergslagen Province, central Sweden- structure, stratigraphy and ore-forming processes. I. G. C. P. project 247-Geol. Mijnbouw, 67: 265-278

Plimer, I. R., 1994 - Stratabound scheelite in meta-evaporites, Broken Hill, Australia. Eco. Geol., 89: 423-437

Raith, J. G. & Prochaske, W., 1995- Tungsten deposits in the wolfram schist Namaqualand, South Africa: startabound versus granite-related genetic concepts. Econ. Geol., 90: 1934-1954

Raith, J. G., 1988- Tourmaline rocks associated with strta-bound scheelite mineralization in the Austroalpine crystalline Complex, Austria. Min. Petrol., 39: 265-288

Raith, J. G., 1991- Stratabound tungsten mineralization in regional metamorphic Calc-Silicate rocks from the Austroalpine Crystalline Complex, Austria. Mineral. Dep., 26: 72-80

Saez, R., Pascual, E., Toscano, M. & Almodovar, G. R., 1999- The Iberian type of volcano-sedimentary massive sulfide deposits. Mineral. Dep., 34: 549-570

Salim, J., Legrand, J., Verkaeren, J. & Salemink, J., 1991- Some geological and petrological aspects of scheelite skarn formation in the Serido region, northeastern Brazil. In M. Pagel & J. L. Leroy (eds.), Source, transport and deposition of metals: 131-134

Slack, J. F., Offieltd, T. W., Woodruf, L. G., Shanks, W. C., 2001- Geology and geochemistry of Besshi-type massive sulfide deposits, Economic Geologists, Guidebook Series

Thalhammer, O. A. R., Stumple, E. F. & Jahoda, R., 1989- The Mittersill scheelite deposit, Austria, Econ. Geol., 81: 1153-1171

Tirrul, R., Bell, I. R., Griffis, R. J. & Camp, V. E., 1983- The Sistan suture zone of eastern Iran. Geol. Soc. Amer. Bull. l94: 134-150

Zierenberg, R. A., Koski, R. A., Morton, J. L., Bouse, R. M. & Shangs, W. C., 1993- Genesis of massive sulfide deposits. In a sediment-covered spreading center Skanaba through, southern Gorda ridge. Econ. Geol., 88: 2069-2098

Archive of SID

www.SID.ir