



رساله

برای دریافت درجه دکتری در رشته زمین شناسی اقتصادی

عنوان

مطالعه زمین شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار مس نوع پورفیری در
کیقال و بارملک، شمال ورزقان، آذربایجان شرقی، ایران

استادان راهنما

پروفسور علی اصغر کلاگری

دکتر محسن موید

استاد مشاور

دکتر احمد جهانگیری

پژوهشگر

وارطان سیمونز

آبان ماه ۱۳۸۹

نام خانوادگی دانشجو: سیمونز	نام: وارطان
عنوان پایان نامه: مطالعه زمین شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار مس نوع پورفیری در کیکال و بارملک، شمال ورزقان، آذربایجان شرقی، ایران.	
استادان راهنما: پروفسور علی اصغر کلاگری - دکتر محسن موید استاد مشاور: دکتر احمد جهانگیری	
مقطع تحصیلی: دکتری رشته: زمین شناسی گرایش: زمین شناسی اقتصادی دانشگاه: تبریز دانشکده: علوم طبیعی تاریخ فارغ التحصیلی: ۱۹ آبان ۱۳۸۹ تعداد صفحه: ۱۹۵	
کلید واژه: کیکال - بارملک، ورزقان، مس پورفیری، دگرسانی گرمایی، سولفیداسیون حدواسط، غنی شدگی سوپرژن.	
<p>چکیده:</p> <p>منطقه کیکال - بارملک در ۱۲ کیلومتری شمال ورزقان، در استان آذربایجان شرقی قرار دارد و از نظر زمین-شناسی بخشی از زون ولکانو - پلوتونیک البرز - آذربایجان محسوب می‌شود. واحدهای سنگی در این منطقه شامل سنگهای آتشفشانی آندزیتی - لاتیتی، تراکی آندزیتی، آندزی بازالتی و بازالتی با میان لایه‌هایی از توف و آگلومرا (ائوسن فوقانی)، توده نیمه‌آتشفشانی کوارتز مونزونیتی پورفیری (الیگوسن فوقانی - میوسن زیرین؛ که مسئول کانی سازی و دگرسانی در منطقه است)، توده‌های نابارور گرانودیوریتی، میکرودیوریتی و مونزونیتی (میوسن)، دایکهای تاخیری متعدد با ترکیب دیوریتی - کوارتز دیوریتی، گرانودیوریتی، میکرودیوریتی و مونزودیوریتی، گنبدها و گدازه‌های آندزیتی - تراکی آندزیتی (پلیوکواترنر) و گدازه‌های بازالتی (کواترنری) هستند.</p> <p>بررسی ژئوشیمی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب در توده کوارتز مونزونیتی کیکال و دایکهای تاخیری منطقه موید آرایش پوسته‌ای و تغییرات نسبتاً مشخص در درصد مودال کانیها می‌باشند. سرشت توده پورفیری و دایکهای تاخیری از نوع کالک آلکالن با پتاسیم بالا و شوشونیتی بوده و ویژگی متا آلومینوس تا پراآلومینوس نشان می‌دهند. این واحدهای سنگی جزو گرانیتوئیدهای نوع I و سری منیزین بوده و موقعیت تکتونیکی قوس حاشیه فعال قاره‌ای و قوس پس‌برخوردی نشان می‌دهند.</p> <p>فعالیت سیستم گرمایی و وقوع جوشش بدنبال جایگیری توده پورفیری، سبب ایجاد شکستگیهای هیدرولیکی و خرد شدگی در منطقه شده و موجب شکل‌گیری نسلهای مختلف رگچه‌ها و ریز رگچه‌های کوارتزی، کوارتز - سولفید، انیدریت، ژیپس و کربنات - سولفید همراه با زونهای دگرسانی گرمایی (پتاسیک، فیلیک، آرژیلیک حدواسط و پیشرفته و پروپیلیتیک) و کانی سازی شده است. زونهای دگرسانی پتاسیک و فیلیک توسعه بیشتری دارند.</p> <p>فرایندهای سوپرژن موجب تشکیل دو زون دگرسانی دیگر (زون اکسیده و زون غنی شده سولفیدی) شده که بر روی زونهای دگرسانی هیپوژن همپوشانی حاصل نموده‌اند.</p> <p>کانی سازی سولفیدی اساساً در زونهای پتاسیک، حدواسط پتاسیک - فیلیک و فیلیک، بصورت افشان و رگچه - ریز رگچه‌ای رخ داده است. سولفیدهای اصلی هیپوژن شامل پیریت، مولیبدنیت و کالکوپیریت بوده و در بخشهای حاشیه‌ای توده، کانی سازی اسفالریت و گالن نیز رخ داده است. حضور کانیهای نظیر کالکوپیریت و اسفالریت کم آهن در منطقه، نشانگر سولفیداسیون حدواسط می‌باشد. pH سیالات گرمایی مسئول کانی سازی سولفیدی هیپوژن در منطقه مورد مطالعه کمتر از ۵ و $\log fO_2$ سیال نیز حدود ۳۶- تا ۳۹- تخمین زده می‌شود.</p> <p>کانیهای اکسیدی هیپوژن نیز شامل مگنتیت و بمقدار جزئی هماتیت هستند که بصورت افشان در زون پتاسیک توده پورفیری کیکال پراکنده‌اند.</p> <p>گوتیت کانی اصلی سوپرژن در زون شسته شده و اکسیده است که همراه مقادیری جاروسیت، هماتیت، مالاکیت و آزوریت می‌باشد. فراوانی گوتیت در زون اکسیده معرف فراوانی نسبتاً کم سولفیدهای هیپوژن خصوصاً پیریت و در نتیجه اسیدپته کمتر سیالات سوپرژن پایین رو است. در زون غنی شده سولفیدی، کولیت و مقدار کمتری بورنیت جانشین کالکوپیریت شده‌اند.</p>	

انواع سیالات درگیر تک فاز بخار، دو فاز و ۳ فاز حاوی کانیهای نوزاد (هالیت، هماتیت، سیلویت، اکسید آهن و کالکوپیریت)، از نوع اولیه، ثانویه و کاذب در داخل رگچه‌های کوارتزی حضور دارند. اکثر سیالات درگیر ۲ فاز به حالت مایع همگن می‌شوند. T_H این گروه از سیالات درگیر حدود ۱۸۰ تا ۳۴۰ و ۳۶۰ تا ۴۴۰ درجه سانتیگراد بوده و انواع ۲ فاز همگن شونده به حالت بخار T_H بالاتری نشان می‌دهند (۳۶۰ تا ۴۶۰ و ۵۰۰ تا ۵۴۰ درجه سانتیگراد). اکثر سیالات درگیر ۳ فاز، با انحلال هالیت همگن می‌شوند و T_S (NaCl) آنها بین ۳۶۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد است. تعدادی از این سیالات درگیر نیز با از بین رفتن همزمان بلور هالیت و حباب بخار و یا با از بین رفتن حباب بخار همگن می‌شوند. این گروه از سیالات درگیر محدوده وسیعی از T_H نشان می‌دهند (۳۰۰ تا ۳۶۰، ۴۰۰ تا ۴۶۰ و ۵۶۰ تا ۵۶۰ درجه سانتیگراد). مقادیر شوری اندازه‌گیری شده بین ۱ تا ۷۰ درصد معادل NaCl است. بالاترین مقدار شوری بدست آمده حدود ۶۵ تا ۷۰ درصد معادل NaCl می‌باشد.

دو جمعیت مشخص از سیالات با شوری پایین و بالا در نمودار در نمودار شوری - T_H قابل تشخیص است. در این بین، بخش اعظم سیالات با شوری بالا در بالای منحنی اشباع هالیت قرار می‌گیرند. همزیستی سیالات درگیر دو فاز غنی از بخار و غنی از مایع (با شوری متوسط) و همچنین ۳ فاز هالیت دار با دامنه T_H مشابه، شاهدهی برای وقوع فرایند جوشش می‌باشد. علاوه بر این، اختلاط هم دما با سیالات با شوری متفاوت نیز قابل استنباط است. عمق تقریبی بدام افتادن سیالات درگیر مورد مطالعه از اعماق حدود ۴۰۰ متری تا ۱/۹ کیلومتری نسبت به سطح توپوگرافی اولیه را شامل می‌شود.

بر اساس مطالعات ایزوتوپیهای پایدار O و H، سیالات کانه ساز عمدتاً منشاء ماگمایی دارند. ترکیب ایزوتوپی گوگرد سولفیدها نیز نزدیک به صفر بوده و حاکی از منشاء ماگمایی برای گوگرد است. همچنین مقادیر $\delta^{34}S$ سولفیدها و سولفاتهای منطقه مورد مطالعه در محدوده مقادیر بدست آمده برای سایر ذخایر پورفیری مطالعه شده قرار دارد. ترکیب ایزوتوپی کربن در محدوده کربناتهای رسوبی قرار داشته و می‌تواند معرف منشاء گرفتن احتمالی آن از طریق انحلال و کربن‌زدایی سنگهای کربناتی، که احتمالاً در زیر سنگهای آتشفشانی منطقه وجود داشته و در مناطق اطراف، خصوصاً سونگون رخمون دارند، می‌باشد.

تشکر و قدردانی

سپاس بیکران پروردگار یکتا را که هستی‌ام بخشید و مرا بطریق علم و دانش رهنمون شد و به همنشینی رهروان دانش مفتخرم نمود و خوشه چینی از خرمن علم و دانش را روزیم ساخت. گذر از این راه و فائق آمدن بر مشکلات و دشواری‌ها ممکن نبود مگر به لطف و یاری حق تعالی و آنهایی که از عطای وجودشان بهره‌مند بوده‌ام و به نوعی در پیشرفت و موفقیت من موثر بوده‌اند.

بر خود واجب می‌دانم از اساتید راهنمای بزرگوام، آقایان پروفیسور کلاگری و دکتر موید به دلیل راهنمایی‌های ارزنده علمی و همکاری‌شان در تمامی مراحل این رساله تشکر و قدردانی نمایم.

از استاد مشاور گرامی جناب آقای دکتر جهانگیری بخاطر راهنمایی‌ها و مساعدتهای صمیمانه‌شان سپاسگذارم. از اساتید داور این رساله، آقایان دکتر سعید علیرضایی، که کتاب زمین شناسی کانسارهای ترجمه شده توسط ایشان سالیان سال راهنمای اینجانب در دوره‌های کارشناسی ارشد و دکتری بوده است، دکتر بهزاد حاج علیلو که از محضرشان در دوره دکتری بهره‌مند شده‌ام و دکتر قادر حسین زاده که در نگارش این رساله از مساعدتهای علمی خود دریغ نکرده‌اند، کمال تشکر را دارم.

از استاد ارجمندم جناب آقای دکتر ملک قاسمی که استاد راهنمای اینجانب در دوره کارشناسی ارشد بوده و در دوره دکتری نیز از محضرشان بهره‌مند شده و در طی نگارش این رساله مساعدت زیادی بعمل آورده‌اند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از ریاست و معاونین محترم دانشکده علوم طبیعی و نیز مدیران و معاونین گروه زمین شناسی، که در طول سالهای مختلف تحصیلی مشمول مساعدتهای ایشان بوده‌ام کمال تشکر را دارم.

از تمامی اساتید گروه زمین شناسی دانشگاه تبریز که افتخار شاگردیشان را دارم سپاسگذارم. وظیفه خود می‌دانم از مرحوم دکتر خاضع، که مشوق ورود من به رشته زمین شناسی بوده‌اند یاد کنم. روحشان شاد و یادشان گرامی باد. از تمامی کارشناسان و کارکنان محترم گروه زمین شناسی دانشگاه تبریز، بویژه آقایان مهندس سرتیپ زاده، مسیب زاده، جهانیار، اروجی، فرزانه، جعفرپور و خانم مختاری که در کارهای تحقیقاتی این رساله مساعدت نمودند، و نیز از کارمندان اداری دانشکده، خصوصاً آقای منتظر ظهور و خانمها سمساری و اجلالی تشکر می‌نمایم.

از تمامی دوستان و همکارانی که در کارهای صحرائی، آزمایشگاهی و نگارش این رساله، کمکشان را دریغ ننمودند، بویژه آقایان دکتر فرید آزاد، دکتر عابدینی، دکتر احمدزاده، دکتر ادوای، دکتر سیاه چشم، دکتر عمرانی، دکتر پیرمحمدی، دکتر کرد، دکتر ندیری، خانم دکتر حاجی علی اوغلی، خانم دکتر حسن زاده، خانم مهندس آقاجانی (مرکز توسعه فراوری مواد معدنی ایران - کرج) و تمامی عزیزانی که مجال ذکر نامشان نیست، سپاسگذارم.

از خانواده عزیزم، خصوصاً مادرم، که هر چه دارم مدیون او هستم و همواره مشوق من بوده است تشکر می‌نمایم. از خداوند منان برایشان طول عمر و سلامتی خواستارم. از دایه‌های گرامی‌ام آقایان دکتر هراند و مامیگون مامیگونیانس بخاطر تمامی مساعدتهایشان قدردانی می‌نمایم.

وارطان سیمونز

فهرست مطالب

۱	۱-۱) کانسارهای فلز پایه پورفیری
۱	۱-۲) ذخایر مس پورفیری
۹	۱-۳) انواع ذخایر مرتبط
۹	۱-۴) ارزش اقتصادی
۱۰	۱-۵) ارتباط با سنگهای رسوبی و دگرگونی
۱۰	۱-۶) مشخصات فیزیکی ذخایر مس پورفیری
۱۱	۱-۷) توزیع زمانی
۱۱	۱-۸) جایگاه تکتونیکی
۱۳	۱-۹) روابط ساختاری
۱۴	۱-۱۰) جایگاه زمین شناختی و سنگهای ماگمایی مرتبط
۱۶	۱-۱۱) مدل‌های ژنتیکی
۲۱	۱-۱۲) منشاء و مشتق شدن سیالات کانه ساز
۲۲	۲-۱) معرفی منطقه مورد مطالعه
۲۲	۲-۱-۱) موقعیت جغرافیایی
۲۳	۲-۱-۲) وضعیت آب و هوایی، پوشش گیاهی و شرایط اجتماعی
۲۳	۲-۱-۳) توپوگرافی و ژئومورفولوژی محدوده
۲۴	۲-۱-۴) پیشینه مطالعاتی محدوده کیکال
۲۵	۲-۲) زمین شناسی عمومی
۲۵	۲-۲-۱) زمین شناسی آذربایجان
۳۰	۲-۲-۲) زمین شناسی عمومی محور فلززایی اهر - جلفا
۳۰	۲-۲-۲-۱) سنگهای پیش از کرتاسه بالایی
۳۱	۲-۲-۲-۲) مجموعه آتشفشانی - رسوبی پالئوسن - ائوسن
۳۱	۲-۲-۲-۳) مجموعه سنگهای الیگو - میوسن
۳۱	۲-۲-۲-۴) مجموعه سنگهای آذرین - رسوبی پلیوسن
۳۲	۲-۲-۲-۵) مجموعه گدازه‌ها، سنگهای آذرآواری و رسوبات آبرفتی کواترنری
۳۲	۲-۲-۳) تکتونیک عمومی محور اهر - جلفا
۳۳	۲-۲-۴) ماگماتیسم در محور فلززایی اهر - جلفا
۳۳	۲-۲-۴-۱) پالئوسن - ائوسن پیشین
۳۳	۲-۲-۴-۲) سنگهای آتشفشانی و نیمه آتشفشانی ائوسن (میانی و بالایی)
۳۳	۲-۲-۴-۳) ماگماتیسم پس از ائوسن
۳۳	۲-۲-۴-۴) سنگهای آتشفشانی - نیمه آتشفشانی الیگوسن بالایی - میوسن
۳۳	۲-۲-۴-۵) سنگهای آتشفشانی کواترنری
۳۴	۲-۲-۵) دگرسانی در محور فلززایی اهر - جلفا
۳۴	۲-۲-۶) زمین شناسی اقتصادی محور فلززایی اهر - جلفا
۳۴	۲-۲-۶-۱) کانی سازی پورفیری
۳۴	۲-۲-۶-۲) کانی سازی اسکارنی
۳۵	۲-۲-۶-۳) کانی سازی رگه‌ای
۳۶	۲-۳) هدف تحقیق
۳۶	۲-۴) روش تحقیق

۳۷	۳-۱) زمین شناسی عمومی منطقه کیکال - بارملک
۳۷	۳-۱-۱) واحدهای آتشفشانی
۴۰	۳-۱-۲) واحدهای نیمه آتشفشانی و نفوذی
۴۲	۳-۱-۳) دایکها
	۳-۲) پتروگرافی استوک کوارتز مونزونیت پورفیری، استوک گرانودیوریتی و
	دایکهای تاخیری در محدوده مورد مطالعه
۴۳	۳-۲-۱) پتروگرافی استوک کوارتز مونزونیت پورفیری (Qmz)
۴۵	۳-۲-۲) پتروگرافی استوک گرانودیوریتی تاخیری (GD)
۴۵	۳-۲-۳) پتروگرافی دایکهای تاخیری در منطقه مورد مطالعه
۴۵	۳-۲-۳-۱) دایکهای نسل اول دیوریتی تا کوارتز دیوریتی (qd1)
۴۸	۳-۲-۳-۲) دایکهای گرانودیوریتی (gd)
۵۰	۳-۲-۳-۳) دایکهای گرانوفیری - آپلیتی (gph)
۵۰	۳-۲-۳-۴) دایکهای دیوریتی تا کوارتز دیوریتی (qd2)
۵۲	۳-۲-۳-۵) دایکهای دیوریتی تا کوارتز دیوریتی (qd3)
۵۲	۳-۲-۳-۶) دایکهای میکرودیوریتی (md)
۵۵	۳-۲-۳-۷) دایکهای مونزودیوریتی (mzd)
۵۷	۳-۳) پترولوژی و پتروژنز
۵۷	۳-۳-۱) پترولوژی و پتروژنز استوک کوارتز مونزونیت پورفیری
۵۷	۳-۳-۲) پترولوژی و پتروژنز توده گرانودیوریتی و دایکهای تاخیری
۶۱	۳-۳-۳) رده بندی پترولوژیکی نمونه های مورد مطالعه
۶۳	۳-۳-۴) ژئوشیمی عناصر اصلی
۶۴	۳-۳-۵) ژئوشیمی عناصر فرعی و کمیاب
۷۳	۳-۳-۶) جایگاه زمین ساختی و پتروژنز استوک پورفیری و دایکهای تاخیری
۸۱	۳-۳-۷) مشخصات سنگ منشاء
۸۴	۳-۳-۸) دمای تشکیل
۸۴	۳-۳-۹) ماگماتیسیم آداکیتی
۸۶	۳-۳-۱۰) منشاء سرشت آداکیتی در سنگهای مورد مطالعه
۹۰	۳-۴) دگرسانی گرمابی در محدوده مطالعاتی کیکال - بارملک
۹۲	۳-۴-۱) دگرسانیهای هیپوزن در منطقه کیکال - بارملک
۹۲	۳-۴-۱-۱) دگرسانی پتاسیک
۹۳	۳-۴-۱-۲) دگرسانی پتاسیک - فیلیک
۹۴	۳-۴-۱-۳) دگرسانی فیلیک
۹۹	۳-۴-۱-۴) دگرسانی آرژلیک
۱۰۲	۳-۴-۱-۵) دگرسانی پروپلیتیک
۱۰۳	۳-۴-۲) دگرسانی سوپرژن در محدوده کیکال - بارملک
۱۰۳	۳-۴-۲-۱) زون اکسیده و شسته شده سوپرژن
۱۰۳	۳-۴-۲-۲) دگرسانی آرژلیک پیشرفته
۱۰۳	۳-۴-۳) ژئوشیمی عناصر نادر خاکی
۱۱۱	۳-۵) انواع رگه - رگچه ها در توده پورفیری کیکال و بارملک
۱۱۵	۳-۶) زمین شناسی اقتصادی و کانی زایی در محدوده کیکال - بارملک
۱۱۶	۳-۶-۱) انواع کانی سازی در محدوده کیکال - بارملک
۱۱۶	۳-۶-۱-۱) کانیه های اکسیدی هیپوزن
۱۱۷	۳-۶-۱-۲) کانیه های سولفیدی هیپوزن

۱۲۲	شرایط فیزیکیوشیمیایی کنای سازی هیپوژن (۳-۶-۲)
۱۲۲	اکسیدها (۳-۶-۲-۱)
۱۲۲	سولفیدها (۳-۶-۲-۲)
۱۲۸	۳-۷ غنی سازی سولفیدی سوپرژن
۱۲۸	فرایندهای سوپرژن در زون اکسیدان (۳-۷-۱)
۱۳۱	ته نشست و غنی سازی سوپرژن (۳-۷-۲)
۱۳۲	فرایندهای سوپرژن در توده پورفیری کیکال - بارملک (۳-۷-۳)
۱۳۲	زون اکسیده و شسته شده (۳-۷-۴-۱)
۱۳۳	زون غنی شده سوپرژن (۳-۷-۴-۲)
۱۳۶	۳-۸ مطالعه سیالات درگیر
۱۳۶	مقدمه (۳-۸-۱)
۱۳۶	فراوانی و توزیع سیالات درگیر (۳-۸-۲)
۱۳۶	مورفولوژیهای سیالات درگیر (۳-۸-۳)
۱۳۷	بدام افتادن معرف (۳-۸-۴)
۱۳۷	طبقه بندی پارازنتیک (۳-۸-۵)
۱۳۸	تنوعات محتویات سیالات درگیری سیال (۳-۸-۶)
۱۳۸	تغییرات پس از بدام افتادن (۳-۸-۷)
۱۳۹	نشت کلی (۳-۸-۷-۱)
۱۳۹	نشت از طریق انتشار (۳-۸-۷-۲)
۱۳۹	باریک شدگی (۳-۸-۷-۳)
۱۴۰	مسائل مرتبط با بدام افتادن ناهمگن و نیمه پایداری (۳-۸-۸)
۱۴۰	تشخیص فازهای داخل سیالات درگیر (۳-۸-۹)
۱۴۱	روشهای ترمومتری سیالات درگیر (۳-۸-۱۰)
۱۴۱	گرمایش (۳-۸-۱۰-۱)
۱۴۳	انجماد (۳-۸-۱۰-۲)
	۳-۸-۱۱ مطالعه سیالات درگیر و آنالیز میکرو ترمومتری بر روی نمونه های کوارتزی رگچه ای
۱۴۶	توده پورفیری کیکال - بارملک
۱۴۶	مقدمه (۳-۸-۱۱-۱)
۱۴۶	پتروگرافی سیالات درگیر (۳-۸-۱۱-۲)
۱۵۱	اندازه گیری شوری و دمای همگن شدن سیالات درگیر (۳-۸-۱۱-۳)
۱۵۳	تعبیر و تفسیر یافته های میکروتومتری (۳-۸-۱۱-۴)
۱۵۹	۳-۹ ایزوتوپهای پایدار
۱۶۰	ایزوتوپهای اکسیژن و هیدروژن (۳-۹-۱)
۱۶۲	مطالعات ایزوتوپی اکسیژن و هیدروژن در منطقه مورد مطالعه (۳-۹-۲)
۱۶۵	ایزوتوپهای گوگرد (۳-۹-۳)
۱۶۸	مطالعه مربوط به ایزوتوپ گوگرد در منطقه مورد مطالعه (۳-۹-۴)
۱۶۹	ایزوتوپهای کربن (۳-۹-۵)
۱۷۰	مطالعات ایزوتوپی کربن در منطقه مورد مطالعه (۳-۹-۶)
۱۷۱	۳-۱۰ مقایسه ذخیره پورفیری کیکال - بارملک با سایر ذخایر پورفیری واقع در آذربایجان
۱۷۳	۴ خلاصه و نتیجه گیری
۱۸۰	منابع (فارسی و انگلیسی)
۱۹۶	ضمایم

فصل اول
بررسی منابع

۱-۱) کانسارهای فلز پایه پورفیری

این گروه از کانسارها از نظر اهمیت اقتصادی و تعریف، گروه خاصی از کانسارها را شامل می‌شوند. پورفیرها از دهه ۱۹۲۰ این نام را به خود گرفتند (Parsons, 1933, 1957) اما این اصطلاح تا دهه ۱۹۶۰ در حد یادداشتهای مقدماتی باقی ماند. از نیمه دوم دهه ۱۹۶۰، مطالعاتی برای شناخت ویژگیهای زمین شناختی، کانی شناختی، ژئوشیمیایی و زونینگ در این کانسارها صورت گرفت (Tittley and Hicks, 1966; Lowell and Guilbert, 1970; Rose, 1970; James, 1971) و از آغاز دهه ۱۹۷۰، موجی از مقالات توصیفی، تفسیری و تجربی درباره جنبه‌های گوناگون این ذخایر منتشر شد. یک صفت عمومی پورفیرها این است که آنها سیستمهای گرمایی - پتروژنتیکی عظیمی هستند که چندین کیلومتر مکعب از محیط اطراف خود را تحت تاثیر قرار می‌دهند و جایگزینی آنها در ارتباط با تزریق سیستمهای استوک یا دایک است. تغییر دیدگاه زمین شناسان از مقیاسهای کوچک کارگاههای استخراج رگه‌ای به مقیاسهای عظیم و استخراج روباز کانسارهای پورفیری، بصورت تدریجی در طول دهه‌های ۱۹۵۰، ۱۹۶۰ و ۱۹۷۰ از جنوب غرب ایالات متحده آمریکا به بریتیش کلمبیا، آمریکای جنوبی و مرکزی، استرالیا و سرانجام جنوب اقیانوس آرام رخ داد.

از نظر رده‌بندی زمین شناختی، واژه پورفیری جزء لاینفک عنوان این کانسارهاست. سنگهای با بافت پورفیری - عموماً داسیت، لاتیت، کوارتز لاتیت و ریولیت کم عمق تا نیمه عمیق، و نیز هم‌ارزهای نفوذی آنها شامل کوارتز دیوریت، مونزونیت، کوارتز مونزونیت و گرانیت، فازهای مهم و عامل اصلی وقوع کانی‌سازی در تمامی کانسارهای پورفیری هستند. پیدایش بافت پورفیری، نتیجه فرایندهای حرارتی، شیمیایی، فشاری و زمانی است (Whitney, 1977; Burnham, 1979) که در شرایط نیمه آتشفشانی و نیمه عمیق، با فشار ۱ تا ۲ کیلو بار (عمق ۱/۵ تا ۴ کیلومتر در پوسته) و دمای ۷۵۰ تا ۸۵۰ درجه سانتیگراد حاکم است. اعتقاد کلی بر این است که این محیط کم عمق، قلب کانسارهای فلز پایه پورفیری است که در فشاری مشابه و دمای بین ۳۵۰ تا ۵۰۰ درجه و ندرتاً تا ۶۰۰ یا ۷۰۰ درجه سانتیگراد شکل می‌گیرند.

از جمله ذخایر فلز پایه پورفیری، ذخایر مس پورفیری هستند. تا کنون ذخایر مس پورفیری بارز متعددی در سرتاسر جهان کشف شده‌اند (Singer et al., 2008). از جمله ذخایر عظیم مس پورفیری که بخوبی مطالعه شده‌اند، ذخایر El Teniente و El Salvador در شیلی، Bajo de la Alumbrera در آرژانتین، Grasberg در اندونزی و Bingham در ایالات متحده آمریکا هستند. از ذخایر مهم این گروه در ایران نیز می‌توان کانسار سونگون در استان آذربایجان شرقی و کانسار سرچشمه در استان کرمان را نام برد.

۲-۱) ذخایر مس پورفیری

ذخایر مس پورفیری حاصل عملکرد و اندرکنش فرایندهای بسیاری هستند. بدلیل پیچیدگیهای موجود در آنها، ارائه تعریفی اجمالی ولی جامع که در بر گیرنده تمامی جنبه‌ها و ویژگیهای این گروه از کانسارها باشد، مشکل است و از این رو هنوز یک تعریف فراگیر و همگانی در مورد آنها وجود ندارد. زمین شناسان اقتصادی، کانسارهای مس پورفیری را کانسارهای مس بزرگی با عیار کم معرفی می‌کنند، بدون توجه به زایش آنها و نوع سنگ میزبان‌شان. این تعریف از یک لحاظ درخور کانسارهای مس پورفیری است اما می‌تواند کانسارهای رسوبی، کربناتی یا وابسته به نفوذیهای مافیک لایه‌ای را نیز شامل شود. برخی دیگر، بر مکانیک سنگ و چگونگی درزها و شکستگیهای این کانسارها تاکید دارند. Parsons (1933, 1957) ویژگیهای مربوط به هوازدگی، اندازه، شکل و تعداد زیادی متغیرهای توصیفی دیگر را ملاک قرار داده است. Kirkham (1971) تعریفی زمین شناختی و مختصر و مفید ارائه کرده که بر اساس آن، این کانسارها ذخایر بزرگی با عیار کم تا متوسط هستند که از نظر فضایی با نفوذیهای پورفیریتی اسیدی تا متوسط در ارتباط می‌باشند و کانیهای سولفیدی هیپوزن آنها غالباً دارای کنترل ساختاری هستند.

Titley (1972) اهمیت زیادی به مقدار نسبی سنگهای نفوذی پورفیری و ماهیت کمرسنگها قائل شده است. وی پورفیرها را به دو گروه ساده و پیچیده تقسیم کرده است. گروه ساده، شامل آن دسته از کانسارهایی هستند که در آنها تمامی کانسار در داخل توده آذرین همگنی قرار دارد که حامل کانسنگ بوده است و یا تقریباً تمام کانسار در واحدهای سنگی خارجی دیده می‌شود. دسته پیچیده، شامل کانسارهایی است که به نسبت‌های متفاوت در سنگ مادر و سنگ میزبان توزیع یافته‌اند. (Lowell (1974 معتقد است که یک کانسار مس پورفیری شامل هر کانسار افشان پیریت - کالکوپیریت - مولیبدنیت است که زونینگ هم مرکز خوبی به نمایش می‌گذارد. اما همه پورفیرها دارای کانسنگ افشان نیستند و همه آنها نیز زونینگ خوبی نشان نمی‌دهند.

Berger et al. (2008) ویژگیهای کانسارهای مس پورفیری را بصورت زیر تعریف نموده است:

- ۱- کانساری که در آن سولفیدهای حاوی مس در داخل شبکه‌ای از رگچه‌های استوک ورکی حاصل از رخداد شکستگی قرار داشته و نیز بصورت دانه‌های افشان و پراکنده در زمینه سنگ دگرسان مجاور رگچه‌ها رخ داده‌اند.
- ۲- دگرسانی و کانی‌سازی اقتصادی در عمق ۴-۱ کیلومتری عموماً در ارتباط با توده‌های ماگمایی است که در داخل بخشهای کم عمق پوسته (۸-۶ کیلومتری)، در قوسهای ماگمایی بالای زونهای فرورانش جایگیری نموده‌اند و بطور غالب ترکیب حدواسط تا سیلیسی دارند.
- ۳- مجموعه‌های نفوذی که بلافاصله قبل از تشکیل ذخیره پورفیری جایگیری نموده و غالباً بصورت استوکهای سیلندری و/یا مجموعه‌های دایکی قائم می‌باشند.
- ۴- زونهای دگرسانی فلیک - آرژیلیک و زون پروپیلیتیک حاشیه‌ای، مجموعه دگرسانی پتاسیک را احاطه نموده و یا بر روی آن همپوشانی حاصل کرده‌اند.
- ۵- مس همچنین ممکن است در طی رخداد و همپوشانی یافتن دگرسانی فلیک - آرژیلیک بر روی زون پتاسیک وارد سیستم شده باشد.

برابر یک تعریف کلی، کانسارهای مس پورفیری یا PCD عبارتند از کانسارهای بزرگ، کم تا متوسط عیار، با چیرگی کالکوپیریت و مولیبدنیت، که در آنها زونینگ سولفید و سیلیکات هیپوژن از داخل به خارج شامل متاسوماتیزم قلیایی پتاسیمی - پروپیلیتی و دگرسانی هیدرولیکی فلیکی - آرژیلیکی است و از نظر زمانی و مکانی در ارتباط با نفوذیهای فلسیک تا حدواسط نیمه عمیق پورفیریتی کالک آلکان می‌باشند و کانی‌سازی هیپوژن در آنها بطور غالب تحت کنترل زمین‌شناسی ساختاری است (Kirkham, 1971). اولین صفت توصیفی برای این کانسارها در این تعریف، صفت بزرگی آنهاست. بدین ترتیب که این کانسارها، نظامهای گرمایی - پتروژنتیکی عظیمی هستند که هر جا ظاهر شوند، چندین کیلومتر مکعب از سنگهای پوسته را تحت تاثیر قرار می‌دهند. ابعاد بزرگ و کنترل ساختاری (مانند رگه‌ها، شکستگیها، بافت استوک ورک، زونهای خرد شده و لوله‌های برشی) وجه تمایز ذخایر پورفیری از سایر ذخایری است که ممکن است بطور جانبی با این ذخایر در ارتباط باشند، مانند اسکارنها، مانتوهای دما بالا، رگه‌های پیرامونی مزوترمال و ذخایر اپی ترمال فلزات باارزش.

ذخایر پورفیری معمولاً حاوی صدها میلیون تن کانسنگ هستند، گرچه محدوده تناژ آنها بین دهها میلیون تا میلیاردها تن می‌باشد.

عیار کم تا متوسط، صفت دیگر این گروه از کانسارها است که به مجموع مقدار چند عنصر اشاره دارد که ممکن است در آنها وجود داشته باشند. این عناصر مشخصاً شامل مس - مولیبدن، نقره، طلا، سرب، روی و منگنزند. عناصر دیگری چون آرسنیک، بیسموت، قلع، تنگستن، اورانیوم، نئیم و پلاتین بمقدار کم در برخی از پورفیرها استحصال می‌شوند، اما بندرت نقش مهمی در بالا بردن ارزش کانسنگ دارند. در کانسارهای مس پورفیری، جهت محاسبه عیار یا مقدار کانسنگ، مقدار عناصر همراه را به معادل مس تبدیل می‌کنند. اغلب کانسارهای مس پورفیری حاوی ۰/۶ تا ۰/۹ درصد معادل مس هستند. البته برخی کانسارها نظیر El Teniente در شیلی، Bingham در یوتا و Chuquicamata در شیلی عیار حدود ۱ تا ۲ درصد مس دارند و بسیاری نیز عیارشان کمتر است، نظیر کانسار Sierrita در آریزونا که با

۰/۳۵ درصد معادل مس، کمترین عیار را دارد. به این ترتیب عیار این گروه از کنسارها بسیار متغیر، اما غالباً زیر ۱ درصد مس است. مقدار زیادی کانسنگ - غالباً ۷۵۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ تن در روز - بایستی استخراج شود تا معدن کاری بصره باشد. محدوده عیار مولیبدن در این ذخایر تقریباً حدود ۰/۰۵ تا ۰/۳۰ درصد، عیار طلا حدود ۰/۰۴ تا ۰/۳۵ گرم در تن و عیار نقره بین ۰/۲ تا ۵ گرم در تن است. برخی ذخایر مس پورفیری غنی از طلا، حاوی غلظتهای نسبتاً بالای عناصر گروه پلاتین هستند (Mutschler and Mooney, 1993; Tarkian and Stribrny, 1999). رنیوم نیز در برخی ذخایر از عیار قابل توجهی برخوردار است. برای مثال در کنسار Island Copper، عیار رنیوم در کنسانتره مولیبدنیت، بیش از ۱۰۰۰ ppm است.

عیار مس در ذخایر پورفیری مس - طلا همانند ذخایر مس پورفیری است اما محتوای طلای آنها بالاتر (۲-۰/۲) گرم در تن) می‌باشد. طبق تعریف Sillitoe (1993b) ذخایر مس پورفیری بایستی محتوای طلای بیش از ۰/۴ ppm داشته باشند تا به آنها ذخایر مس پورفیری غنی از طلا اطلاق شود. Kirkham and Sinclair (1995) نسبت ۱:۱ (یعنی ۱ ppm طلا در مقابل ۱٪ مس) را بعنوان ملاکی جهت تشخیص ذخایر مس پورفیری غنی از طلا، خصوصاً ذخایر با عیار مس بالا پیشنهاد کرده‌اند. گرچه تعداد ذخایر این گروه محدود است، اما ذخایری چون Grasberg اندونزی با تناژ بیش از ۲/۵ میلیارد تن کانسنگ با عیار ۱/۱ درصد مس و ۱/۰۴ ppm طلا، معرف آنند که ذخایر مس - طلای پورفیری می‌توانند حاوی منابع عظیمی طلا و مس باشند.

صفت سوم، چیرگی کالکوپیریت - مولیبدنیت در این کنسارهاست، گرچه ذخایر پورفیری از نظر کانی شناسی تفاوت‌های زیادی با یکدیگر دارند. پیریت معمولاً کانی سولفیدی غالب در این کنسارهاست که منعکس کننده اضافه شدن مقادیر زیادی گوگرد به این ذخایر می‌باشد. کالکوپیریت (CuFeS_2) کانی هیپوژن اصلی مس در این کنسارهاست. بورنیت (Cu_5FeS_4) کمتر حضور دارد چون تشکیل آن نیازمند نسبت فعالیت بالاتر $\text{Cu}^{2+}/\text{Fe}^{2+}$ و نسبت بالاتر فلز به گوگرد در سیستمهای کانه‌ساز است؛ بسیاری از کنسارهای پورفیری اساساً فاقد آن هستند، در برخی بمقدار کم وجود دارد و در تعداد اندکی نیز فراوان است. کالکوسیت هیپوژن حتی کمیاب‌تر از بورنیت است. از دیگر کانیهای موجود در این ذخایر می‌توان مولیبدنیت، تنانتیت، انارژیت، طلای آزاد، تلوریدها و الکتروم را نام برد. کانیهای همراه نیز شامل پیریت، مگنتیت، کوارتز، بیوتیت، پتاسیم فلدسپار، انیدریت، مسکویت، کانیهای رسی، اپیدوت و کلریت هستند.

برخی از کانیهای Cu-Fe-S مانند والریت و کوبانیت اساساً از این کنسارها گزارش نشده‌اند. مجموعه‌های کانیایی کانسنگ مس تابعی از ترکیب شیمیایی فاز سیال و شرایط فشار و درجه حرارت است که بر روی سیال تاثیر می‌گذارند. از این رو، مجموعه‌های کانیایی در یک کنسار ممکن است بعنوان تابعی از فضا و زمان و بدنبال تغییرات ترکیب سیال گرمایی متفاوت باشند. از نظر اندازه دانه، کانیهای سولفیدی اصلی مس و مولیبدنیت متشکل از دانه‌های با ابعاد میلیمتری هستند اما ممکن است قطرشان تا ۲-۱ سانتیمتر نیز برسد و بندرت ابعاد پگماتیتهی (بزرگتر از ۲ سانتیمتر) نیز گزارش شده‌اند.

برخی از سیستمهای پورفیری حاوی آرسنیک و آنتیموان کافی هستند بطوری که تنانتیت - تتراهدريت و انارژیت در آنها اهمیت دارند. این نوع سیستمها در آمریکای جنوبی رایجتر می‌باشند. به اعتقاد Norton and Knight (1977) تنانتیت معمولاً در بخشهای بالایی و کم دما تر پورفیرها مشاهده می‌شود. همچنین بسیاری از پورفیرها توسط مناطق کانی‌سازی سرب، روی، منگنز، نقره و طلا احاطه شده‌اند و بخشهایی که کانیهای این فلزات بصورت رگه‌ای نهشته شده‌اند ممکن است قابل استخراج باشند. در اطراف بسیاری از معادن روباز مس پورفیری، معادن رگه‌ای زیرزمینی قدیمی وجود دارند. این گونه سیستمهای رگه‌ای ممکن است از نوع کنسارهای رگه‌ای کردیلرایی باشند. مولیبدن که تنها بصورت مولیبدنیت (MoS_2) دیده می‌شود، در مرکز و عمق هسته پورفیرها قرار دارد، اما می‌تواند در خارج منطقه مس نیز وجود داشته باشد.

طلا یک محصول جانبی مهم در بسیاری از کنسارهای مس پورفیری است. برای مثال در کانسار Bato Hijau، طلا در داخل رگه‌های کوارتزی، متصل به دانه‌های سولفید و نیز بصورت طلای آزاد در طول حواشی دانه‌های سیلیکاتی یافت شده است (Arif and Baker, 2004). در اینجا طلا بطور غالب در ارتباط با بورنیت است و در کانسنگهای غنی از بورنیت، طلا در داخل ساختار کانی سولفیدی و نیز بصورت دانه‌های ریز طلای خالص حضور دارد. در کانسنگهای غنی از کالکوپیریت، طلا بصورت دانه‌های ریز در داخل سولفید مس تشکیل شده است.

در مجموع، ذخایر مس پورفیری بر اساس فلزات همراه و محصولات جانبی به زیررده‌های زیر تقسیم می‌شوند (Kirkham and Sinclair, 1995):

Cu (\pm Au, Mo, Ag, Re, PGE)

Cu-Mo (\pm Au, Ag)

Cu-Mo-Au (\pm Ag)

Cu-Au (\pm Ag, PGE)

کانیهای کانسنگی در ذخایر مس پورفیری، بصورت افشان، رگه‌ای و استوک ورکی، در داخل سنگهای میزبانی که بصورت مجموعه‌های نفوذی کم عمق با بافت پورفیریک هستند و توسط سیالات گرمابی دگرسان شده‌اند، تشکیل می‌شوند. کانی سازی همچنین ممکن است در داخل زونهای خرد شده و لوله‌های برشی نیز رخ دهد. در ذخایر پورفیری بزرگ، پیچیده و پرعیار، تراکم رگه‌ها و شکستگیهای کانی سازی شده بسیار زیاد است. جهت‌گیری ساختارهای کانی سازی شده می‌تواند در ارتباط با محیطهای واتنش محلی در اطراف راس پلوتونها بوده و یا ممکن است منعکس کننده شرایط واتنش منطقه‌ای باشد (Carten et al., 1988, Heidrick and Titley, 1982). هر جا که ساختارهای کانی سازی شده یکدیگر را قطع کنند، زونهای پرعیاری حاصل می‌شود.

در بخشهایی از ذخایر مس پورفیری که متحمل فرایندهای سوپرژن شده‌اند، کانیهای ثانویه از طریق هوازدگی (در زون اکسیدان) و یا جانشینی (در زیر سطح ایستایی) سولفیدهای اولیه تشکیل می‌شوند. زونهای غنی شده سوپرژن معمولاً عیار مس بالاتری دارند و لذا از نظر استخراج با صرفه‌تر هستند. در کانسنگهای غنی شده سوپرژن، مجموعه رایج شامل کالکوسیت + کوولیت \pm بورنیت می‌باشد (Schwartz, 1966). در کانسنگهای اکسیده، مجموعه کانیایی رایج متشکل از ملاکیت + آزوریت + کوپریت + کریزوکولا همراه با مقادیر کمی از کانیهای دیگر (برای مثال کربناتها، سولفاتها، فسفاتها و سیلیکاتها) می‌باشد (Schwartz, 1966).

فراوانترین مواد باطله سیلیکاتی و اکسیدی در ذخایر مس پورفیری، شامل کانیهای کوارتز، پتاسیم فلدسپار، بیوتیت، موسکویت (سریسیت)، مگنتیت، کلریت، انیدریت و اپیدوت هستند. سایر کانیهای باطله رایج، روتیل، آپاتیت و تیتانیت می‌باشند. ابعاد دانه‌های کانیهای باطله در داخل و بین کنسارهای مختلف متفاوت است؛ این تغییرات در حد میکروسکوپی، میلیمتری تا سانتیمتری می‌باشند. رگه‌های کوارتزی استوک ورکی، فرم رایج کانیهای باطله هستند. رگه‌ها اغلب بر اساس روابط تقاطعشان نسبت به هم تقسیم بندی می‌شوند. برای مثال رگه‌های مرحله اول در اکثر ذخایر پورفیری دارای حواشی نامنظم و موجدار بوده و معمولاً فاقد نواربندی هستند و بافت دانه‌ای دارند. رگه‌های مرحله بعد، که رگه‌های مرحله اول را قطع می‌کنند، معمولاً مرزهای شارپ داشته و نواربندی در آنها رایجتر است (Gustafson and Hunt, 1975).

جنبه دیگر تعریف پورفیریه‌ها، زونینگ دگرسانی - کانی سازی و یا بعبارت دیگر، زونینگ سولفید - سیلیکات است. دگرسانی گرمابی در ذخایر پورفیری گسترده بوده و چه در مقیاس کنسار و چه در اطراف هر رگه و شکستگی، دارای منطقه بندی است. منطقه بندی در کنسارهای مس پورفیری شامل یک زون دگرسانی پتاسیک (کوارتز - فلدسپار پتاسیم - بیوتیت \pm انیدریت \pm مگنتیت) در هسته و قدیمی‌تر از سایر زونها، زون دگرسانی فیلیک (کوارتز - سریسیت - پیریت)، زون دگرسانی آرژیلیک (کوارتز - کائولینیت - مونت موریلونیت - ایلیت) و زون دگرسانی خارجی پروپیلیتیک (کوارتز - اپیدوت - کلسیت - کلریت) می‌باشد. مرز داخلی زون پروپیلیتیک ممکن است حدود ۱ کیلومتر بیرون از مرز خارجی منطقه کانسنگ مس باشد (شکل ۱-۱a). در دگرسانی پتاسیک، سنگها تحت تاثیر جانشینی پتاسیمی که همراه با از دست دادن سدیم و کلسیم است قرار می‌گیرند. دگرسانی فیلیک نتیجه بیرون رانده شدن سدیم، کلسیم و

منیزیم از سنگهای آلومینوسیلیکاتی و ورود پتاسیم و یا مصرف شدن پتاسیم موجود در فلدسپارهای سنگ، برای تشکیل سریسیت می‌باشد. این دگرسانی معمولاً بر روی بخشهای بیرونی دگرسانی پتاسیک همپوشانی یافته (Carson and Jambor, 1979) و یک زون حدواسط پتاسیک - فیلیک حاصل می‌شود. برای مثال در کانسار چوکی کاماتا در شیلی، یک زون دگرسانی فیلیک شدید بر روی زون دگرسانی پتاسیک قدیمی‌تر شکل گرفته است. زون دگرسانی پتاسیک بصورت اولیه حاوی مس کمتری است اما در بخشهای همپوشانی یافته توسط زون فیلیک، مقدار متوسط مس بالاتر است و در بخشهایی که متحمل دگرسانی سوپرژن شده، زون غنی شده عمیق و گسترده‌ای تشکیل شده است (Ossandon et al., 2001).

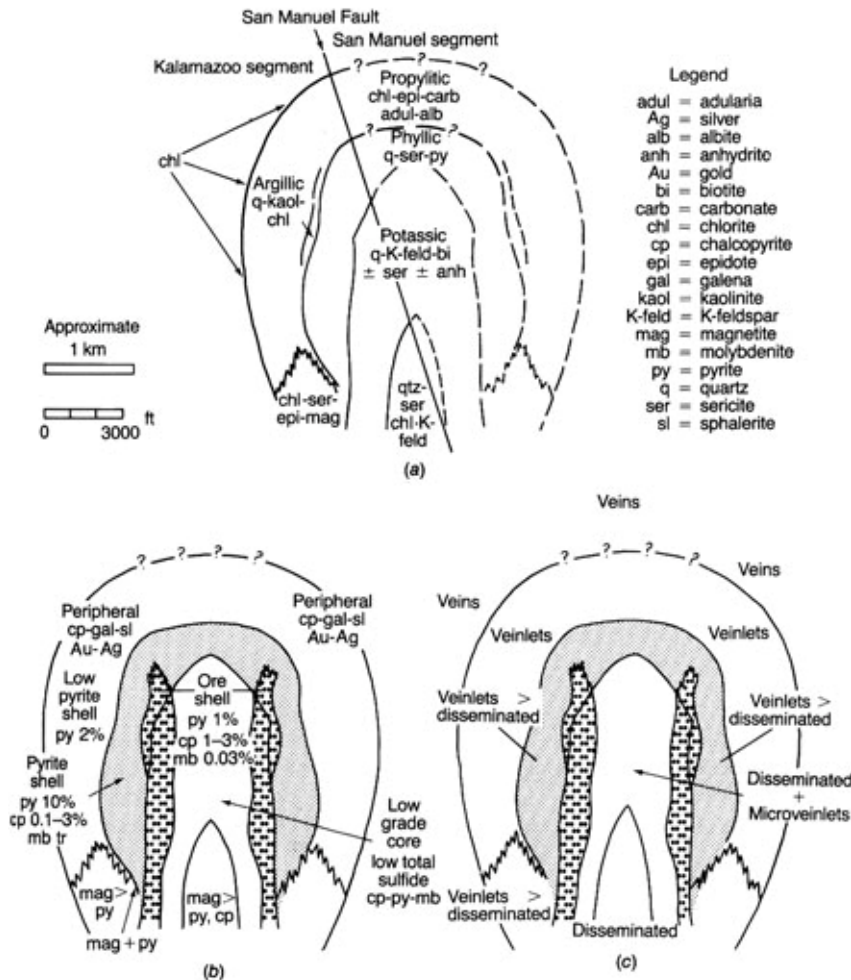
در دگرسانی آرژلیک، تحت شرایط اسیدی، تمامی کاتیونهای قلیایی بطور کامل یا بطور وسیعی از سنگ خارج می‌شوند و مقادیر محدود باقیمانده صرف تشکیل مونت‌موریلونیت، ایلیت، هیدرومیکا و کلریت می‌گردند. دگرسانی آرژلیک پیشرفته (با سولفیداسیون بالا) در بالا یا نزدیک ذخایر مس و مس - مولیبدن پورفیری تشکیل می‌شود (Hedenquist et al., 1998). مجموعه دگرسانی آرژلیک پیشرفته شامل ایلیت، کوارتز، آلونیت، ناتروآلونیت، پیروفیلیت، دیاسپور و مقدار زیادی پیریت است.

دگرسانی پروپیلیتیک توسط کانیه‌های کلسیم و منیزیم‌دار مشخص می‌شود که در نتیجه توزیع مجدد در اجزای تشکیل دهنده سنگ حاصل می‌شود و اساساً معادل رخساره شیست سبز است. کانیه‌های شاخص این زون در نتیجه دگرسانی کانیه‌های مافیک و جزء آنورتیتی پلاژیوکلازها و تزریق مقادیری H^+ و CO_2 تشکیل می‌شوند. دگرسانی سدیک (عمدتاً بصورت آلبیت ثانویه) در برخی ذخایر مس - طلای پورفیری نظیر Copper Mountain و Ajax بریتیش کلمبیا وجود داشته (Preto, 1972; Barr et al., 1976; Ross et al., 1995) و در ارتباط با زون دگرسانی پتاسیک است. دگرسانی آرژلیک پیشرفته معمولاً در بالا یا نزدیک کانسنگهای ذخایر پورفیری مس و مس - مولیبدن رخ می‌دهد. این مجموعه دگرسانی شامل ایلیت، کوارتز، آلونیت، ناتروآلونیت، پیروفیلیت، دیاسپور و محتوای بالای پیریت است. دگرسانی آلبیتی بطور بخشی بر روی دگرسانی پتاسیک همپوشانی می‌یابد. دگرسانی سدیک - کلسیک (الیگوکلاز + کوارتز + اسفن + آپاتیت ± اکتینولیت ± اپیدوت) نیز در زونهای ریشه‌ای عمیق زیر زون دگرسانی پتاسیک در کانسارهای Yerington و Ann-Mason نوادا شناسایی شده است (Carten, 1986; Dilles and Einaudi, 1992). روابط فضایی و زمانی بین زونهای مختلف دگرسانی در شکل ۱-۲ بطور شماتیک نشان داده شده است.

کانی شناسی دگرسانی تا حدودی توسط ترکیب سنگ میزبان کنترل می‌شود. در سنگهای میزبان مافیک با مقادیر بالای آهن و منیزیم، بیوتیت (± مقدار کمی هورنبلند) کانی ثانویه غالب در زون دگرسانی پتاسیک است در حالیکه پتاسیم فلدسپار در سنگهای فلسیک‌تر غالب می‌باشد. در سنگهای میزبان کربناتی، کانیه‌های کالک سیلیکاتی نظیر گارنت و دیوپسید فراوان هستند (Sinclair, 2004).

کانی شناسی دگرسانی همچنین توسط ترکیب سیستم کانی سازی کنترل می‌شود. در محیطهای اکسیدان‌تر، کانیه‌های نظیر پیریت، مگنتیت (± هماتیت) و انیدریت رایج هستند، در حالیکه پیروتیت در محیطهای احیایی‌تر یافت می‌شود (Sinclair, 2004; Rowins, 2000).

کانیه‌های سولفیدی نیز از کالکوپیریت - مولیبدنیت - پیریت در بخشهای درونی‌تر به مجموعه‌های متوالی پیریت - کالکوپیریت - مولیبدنیت، پیریت - کالکوپیریت، پیریت و در نهایت مجموعه گالن - اسفالریت - پیریت با مقدار کمی طلا و نقره بصورت محلول جامد، بصورت فلز آزاد و بصورت سولفوسالت در بخشهای پیرامونی سیستم پورفیری تغییر می‌یابند. تظاهر کانه‌ها نیز تغییر مشخصی از شکل افشان به منطقه‌های خرد شده - ریز رگچه (پرشدگی درز و شکستگیهای ریز)، رگچه، رگه و سرانجام به ساختارهای منفردی در حاشیه‌ها با کانی‌سازی پرعبار، نشان می‌دهد. لوله‌های برشی و مناطق شکستگی همراه آنها متداولند (شکل ۱b,c). مناطق کوارتز - سریسیت - پیریت غالباً (زونهای دگرسانی فیلیک) شامل شبکه‌ای از شکستگیهای استوک ورکی هستند (Sinclair, 2004).



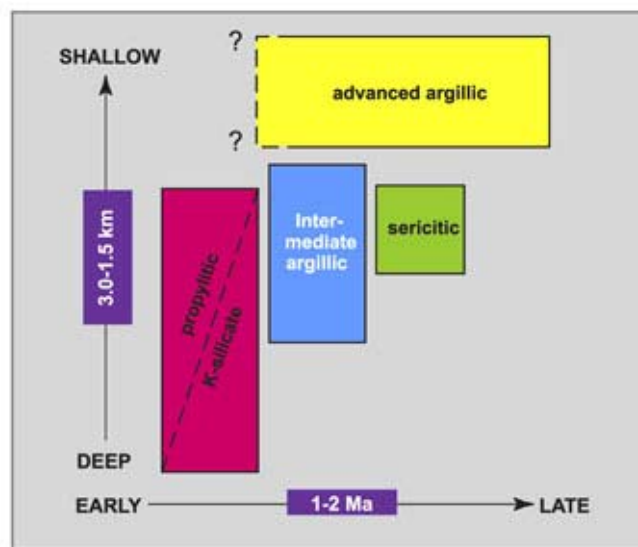
شکل ۱-۱ طرح شماتیک زونهای دگرسانی - کانی سازی متحدالمرکز در کانسار San Manuel-Kalamazoo. (a) زونهای دگرسانی. خطوط منقطع نشانگر عدم اطمینان از میزان تداوم یا موقعیت آنها است. (b) زونهای کانی سازی. (c) رخداد سولفیدها.

زونهای سولفیدی اقتصادی عمدتاً در ارتباط با دگرسانی پتاسیک هستند، همچنانکه توسط Carson and Jambor (1974) برای تعدادی از ذخایر مس و مس - مولیبدن پورفیری تعیین شده است.

زونینگ کانیهای سولفیدی، بخصوص از نظر محتوای پیریت، در بسیاری از کانسارها مشاهده شده است. برای مثال Nielsen (1968) دریافت که محتوای پیریت کانسار Santa Rita در نیومکزیکو از کمتر از ۱ درصد (وزنی) در بخش مرکزی کانسار تا ۴-۱ درصد در بخشهای میانی و بیش از ۴ درصد در بخش بیرونی افزایش می‌یابد. بیشترین مقدار کالکوپیریت (بیش از ۴/۰ درصد وزنی)، در زون با محتوای پیریت متوسط مشاهده می‌شود. به سمت داخل زون غنی از کالکوپیریت، محتوای کالکوپیریت به کمتر از ۱/۰ درصد کاهش می‌یابد در حالیکه به سمت بیرون، محدوده عیار آن بین ۴/۰ تا ۱/۰ درصد متغیر است. در معدن Bingham یوتا، John (1978) ۵ زون متحدالمرکز را شناسایی نموده که با هم هم‌پوشانی دارند و از مرکز به سمت بیرون عبارتند از: هسته کم عیار عمیق (کمتر از ۵/۰ درصد سولفید، شامل پیریت، کالکوپیریت، بورنیت و مولیبدنیت)، مولیبدنیت، بورنیت + کالکوپیریت، کالکوپیریت + پیریت، پیریت، و گالن + اسفالریت. نمونه‌های این نوع منطقه‌بندی کانیایی از کانسارهای دیگر نیز گزارش شده است.

تظاهر واقعی زونینگ متاثر از افق یا عمق نفوذ، همگنی ساختاری و ترکیبی، ترکیب کمرسنگ، اندازه، موقعیت زمین ساختی و گسلش یا فعالیت نفوذی پس‌کانه است. ابعاد قائم ممکن است بیش از ۳ کیلومتر باشد و مرز بالایی محیط پورفیری احتمالاً ممکن است در عمق یک کیلومتری از سطح زمین قرار داشته باشد.

آخرین جنبه تعریفی کانسار پورفیری، همراهی آن با نفوذیه‌های پورفیری فلسیک تا حدواسط و نیمه عمیق اپی‌زونال تا مزوزونال، متشکل از پلوتونها و دایکهای کوچک کالک آلکان تا آلکالی کلسیک و گاه آلکان است؛ برخی تماماً در ارتباط با دایکها می‌باشند. کانسنگ گاهی در داخل سنگهای آتشفشانی و رسوبی که مورد نفوذ پلوتونها کم‌عمق قرار گرفته‌اند، واقع است. این نفوذیه‌های پورفیری عموماً ترکیب ریوداسیتی (هم ارز گرانودیوریت)، لاتیتی (مونزونیت)، کوارتز لاتیتی (کوارتز مونزونیت) یا آندزیتی (دیوریت) دارند و از یک منشاء مافیک‌تر گوشته‌ای حاصل شده‌اند. نفوذیه‌های فلسیک تا حدواسط معمولاً در حواشی همگرای پلیت‌ها جایگیری نموده، نفوذیه‌های مافیک‌تر (دیوریتی) معمولاً در جایگاه‌های جزایر قوسی - جایی که پوسته نازک و اندرکنش پوسته‌ای ناچیز است - رخ داده و نفوذیه‌های آلکان (شوشونیتی) نیز در موقعیت پشت قوسی - که بواسطه کشش، صعود ماگما تسهیل می‌شود - دیده می‌شوند (Richards, 2005; Lang et al., 1994; Sillitoe, 1997, 2000). این گونه سنگهای پورفیری، با فعالیتهای نفوذی کم عمق در ارتباطند.



شکل ۱-۲ روابط زمان - عمق شماتیک زونهای دگرسانی اصلی در سیستمهای مس پورفیری (پس از Sillitoe, 1993).

در سالهای اخیر پیشرفتهایی در رابطه با مطالعه کانسارهای پورفیری حاصل شده است تا شناخت جامعتری از این نوع کانسارها بدست آید. این پیشرفتهای عموماً در ارتباط با مطالعه سیالات درگیر هستند. بر اساس تحقیقات Roedder (1967, 1971; Roedder and Skinner, 1968)، پژوهشگران زیادی به مطالعه تغییرات دما، فشار، شوری، کمپلکسهای یونی، گونه‌های محلول و حالت فیزیکی سیستمهای پورفیری در زمان و مکان پرداخته‌اند. بر اساس مطالعات Moore and Nash (1974)، Gustafson and Hunt (1975)، Chivas and Wilkins (1977)، Moore (1979) and Wilson et al. (1980)، Ahmad and Rose (1980)، Beane and Titley (1981) و پژوهشگران دیگر، مشخص شده است که کانسارهای فلز پایه پورفیری واقعاً مزوترمال هستند و نهشت کانسنگ از سیالات بسیار شور با شوری حدود ۳۰ تا ۶۰ درصد معادل NaCl و دمای ۲۵۰ تا ۵۰۰ درجه سانتیگراد و بندرت ۶۰۰ تا ۷۰۰ درجه رخ داده است.

محدوده وسیعی از دماهای همگن شدن سیالات درگیر از ذخایر مس پورفیری مختلف بدست آمده است. Klemm et al. (2007) دماهای بین ۵۵۰ تا ۲۵۰ درجه سانتیگراد را در کانسار ال‌تینیت شیلی گزارش نموده که میانگین درجه حرارت همگن شدن بر اساس یافته‌های این کانسار ۳۹۰-۳۸۰ درجه است. در کانسار Bajo de la Alumbrera آرژانتین، Ulrich et al. (2001) محدوده دمای همگن شدن را بین ۷۷۰ تا ۲۰۰ درجه گزارش نموده است (متوسط ۴۸۰-۴۷۰ درجه).

در داخل مخزن ماگمایی که سیالات گرمایی از آن خارج شده‌اند، کاهش فشار و تبلور تفریقی ماگمای سیلیسی موجب جدایش یک فاز آبگین و تشکیل حبابهای آن در داخل مذاب باقیمانده می‌شود (Burnham, 1979). از جمله شواهد جدایش فاز فرار، حضور حفرات میارولیتی (Candela and Blavin, 1995) و پوسته‌های کوارتز ساکاروئیدی است (Harris et al., 2004). در غرب ایالات متحده، بلورهای سولفیدهای مس و مولیبدن در داخل این حفرات میارولیتی یافت شده‌اند (Wilson, 1975). Dilles (1987) تحول سیالات کانه ساز در منطقه مس پورفیری Yerington نوادا را مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیده که یک سیال آبگین غنی از سدیم، کلرید، پتاسیم، آهن و کمپلکس‌های گوگرد، عامل کانی سازی سولفیدی مس و مولیبدن بوده است.

تحول ترکیبی این سیالات از طریق پتروگرافی، میکروترموتری و آنالیز LA-ICP-MS سیالات درگیر مورد مطالعه قرار گرفته است (برای مثال، Ulrich et al., 2001؛ Klemm et al., 2007). مطالعات کاتدولومینسانس میکروسکوپ الکترونی روبشی، نسلهای متوالی سیالات درگیر را در داخل رگچه‌های کوارتزی با بافت پیچیده در کانسار مس - طلا - مولیبدن Bingham شناسایی نموده که در طی مراحل اصلی انتقال فلز در این کانسار بدام افتاده‌اند (Landtwing et al., 2005). بر این اساس، رگچه‌های کوارتزی نسل اول، لومینسانس مشخص دارند و قبل از ته‌نشست سولفیدهای مس - آهن، تشکیل شده‌اند. مطالعات LA-ICP-MS همچنین نشان می‌دهند که سیالات بدام افتاده قبل و بعد از ته‌نشست سولفیدهای مس - آهن از نظر محتوای عناصر اصلی، فرعی و کمیاب تا حد زیادی مشابه هستند و تنها فرقدشان در محتوای مس است (Landtwing et al., 2005).

Bodnar (1995) شواهد دال بر منشاء ماگمایی فلزات در ذخایر پورفیری را بطور خلاصه ارائه نموده و شواهد سیالات درگیر را توصیف نموده است. بر اساس Bodnar and Cline (1991) و Bodnar (1995) سیالات درگیر ماگمایی با شوری بالا و داشتن هالیت مشخص می‌شوند و دمای همگن شدن آنها نیز نسبتاً بالاست (بیش از ۶۰۰-۵۰۰ درجه). سیالات درگیر ماگمایی در داخل کوارتز رگه‌های مرحله اول یافت شده و طیفی از ویژگیها را نشان می‌دهند که منعکس کننده اعماق مختلف بدام افتادن است. برای مثال، در ترازهای عمیق‌تر سیستم مس - مولیبدن پورفیری Butte در مونتانا، سیالات درگیر حاوی کالکوپریت در رگه‌های عمیق دارای شوری متوسط تا پایین (۵-۲ درصد وزنی معادل NaCl) و ۸-۲ مول درصد CO₂ بوده، دمای همگن شدنشان متوسط (۵۷۵-۵۶۵ درجه سانتیگراد) و فشار معادل عمق ۹-۶ کیلومتری نشان می‌دهند (Rusk et al., 2008). در سیستمهای کم عمق‌تر نظیر کانسار مس پورفیری Red Mountain آریزونا، سیالات ماگمایی تشکیل انکلوزیونهای غنی از بخار داده‌اند که سیالی با شوری و چگالی پایین مشتق شده از ماگما را بدام انداخته‌اند (Bodnar, 1995). Hedenquist and Richards (1998) همزیستی سیالات درگیر غنی از مایع و خیلی شور با انواع غنی از بخار را از طریق نامیژاکی یک سیال آبگین همگن اولیه که در فشارهای ۱/۵-۱ کیلوبار از ماگما خارج شده توضیح داده‌اند. سیال ماگمایی به ترازهای پوسته‌ای نسبتاً کم عمق منتقل شده و ته‌نشست کانسنگ در فشارهای حدود ۰/۵ کیلوبار، جاییکه سیال منحنی سالووس را قطع می‌کند، رخ داده و فازهای مایع شور و بخار نامیژاک تولید شده‌اند.

مطالعه ایزوتوپیهای پایدار از دیگر پیشرفتهای اخیر در زمینه مطالعه این کانسارها است. مطالعه ایزوتوپیهای پایدار و نیز بررسیهای پترولوژیکی و ژئوشیمیایی، اطلاعات جالبی درباره کانسارهای فلز پایه پورفیری فراهم کرده‌اند. مطالعه نسبتهای ایزوتوپی ^{18/16}O و D/H توسط Sheppard et al. (1971)، Sheppard and Taylor (1974)، Hall et al. (1974) و Taylor (1974)، Sheppard and Gustafson (1976) و Batchelder (1977) نشان می‌دهد که آبهای ماگمایی در شکل گیری کانی سازی و دگرسانیها، خصوصاً در بخشهای مرکزی سیستم، نقش اساسی داشته و به سمت بیرون سیستم، آبهای جوی وارد سیستمهای پورفیری می‌شوند و بنظر می‌رسد که نسبت سیالات جوی به سیالات نخواستہ ماگمایی، به سمت بالا و کناره‌ها و با گذشت زمان افزایش می‌یابد. بررسیهای ژئوشیمیایی، مانند مطالعات Rose (1970)، Field (1975)، Chaffee (1975, 1976)، Olade and Fletcher (1975, 1976) و Putman.

(1975)، Olade (1976)، Brimhall (1979, 1980) و Korkowski (1982) نشانگر گسترش هاله‌های پراکندگی اغلب عناصر کانه‌ساز در اطراف کانسارهای پورفیری است.

۳-۱) انواع ذخایر مرتبط

طیف متنوعی از ذخایر کانسنگی، که خصوصاً از نظر فضایی (و گاه زایشی) با کانی‌سازی مس پورفیری ارتباط دارند شامل اسکارنها، رگه‌ها و جانشینی‌های چند فلزی و رگه‌های اپی‌ترمال هستند. ذخایر اسکارنی مس در مجاورت بسیاری از نفوذیه‌های میزبان مس پورفیری که بداخل واحدهای کربناتی نفوذ کرده‌اند، تشکیل شده‌اند (Einaudi et al., 1981) و الگوهای منطقه‌بندی کانیایی اسکارنی ممکن است در تشخیص و شناسایی ذخیره مس پورفیری مرتبط با آنها مفید باشند (Meinert et al., 2005). بطور تیپیک، نسبت گارنت به پیروکسن به سمت توده نفوذی اسکارن ساز افزایش یافته و زونهای پیروکسن بیرونی در مقایسه با زونهای پیروکسن درونی حاوی پیروکسن‌های غنی از آهن و منگنز بیشتری هستند (Meinert et al., 2005). در برخی مناطق، از سنگهای کالک سیلیکاتی، مس بیشتری در مقایسه با سنگهای نفوذی مربوطه استخراج می‌شود.

ذخایر جانشینی چند فلزی در واحدهای کربناتی پیرامون کانی‌سازی نوع پورفیری رخ می‌دهند. در کانسارهای Bingham ایالت یوتا (Babcock et al., 1995) و Bisbee آریزونا (Bryant and Metz, 1966)، ذخایر جانشینی چند فلزی مجموعه‌های نفوذی را احاطه کرده و رگه‌های کانه‌دار بطور شعاعی از استوکها به سمت بیرون منشعب شده‌اند. ذخایر رگه‌ای نیز در پیرامون بسیاری از ذخایر مس پورفیری (نظیر Bingham در یوتا) تشکیل شده‌اند. به اعتقاد Sillitoe (1993a) ذخایر فلز پایه اپی‌ترمال از شورابه‌های با غلظت NaCl بالاتر تشکیل شده و بخشی از سیستم‌های ماگمایی - گرمایی هستند که در بخشهای دورتر از مرکز سیستم‌های پورفیری شکل می‌گیرند.

۴-۱) ارزش اقتصادی

ذخایر پورفیری مهمترین منبع مس، مولیبدن و رنیوم و منبع اصلی طلا، نقره و قلع در جهان به حساب می‌آیند. ارزش اقتصادی اکثر ذخایر مس پورفیری در وهله اول، بخاطر کانی‌سازی مس است، بطوریکه حدود ۷۰-۶۰ درصد تولید مس جهان از این ذخایر می‌باشد، گرچه برخی ذخایر با عیار پایین تا بسیار پایین مس، به جهت محتوای طلا (برای مثال کانسار Copler در ترکیه) و/یا مولیبدن (برای مثال، Sierrita در آریزونا و Continental در مونتانا) مورد استخراج قرار می‌گیرند. مولیبدن، طلا و نقره مهمترین محصولات جانبی و ارزشمند این کانسارها به حساب می‌آیند. رنیوم و فلزات گروه پلاتین نیز از برخی از ذخایر مس پورفیری استحصال می‌شوند. برای مثال، (Auge et al., 2005) رخداد تلوریدها و آرسنیدهای حاوی فلزات گروه پلاتین را در مجموعه کانیایی مگنتیت، کالکوپیریت و بورنیت در ذخیره پورفیری Elatsite بلغارستان گزارش کرده است. قلع نیز از برخی ذخایر گزارش شده است. Jambor and Owens (1987) مجموعه کانیهای سولفیدی حاوی قلع را در رگه‌های مرحله پسین در ذخیره Maggie در بریتیش کلمبیای کانادا گزارش کرده‌اند که همراه با مجموعه کانیهای سولفیدی حاوی مس، روی، سرب و نقره بوده‌اند.

۵-۱) ارتباط با سنگهای رسوبی و دگرگونی

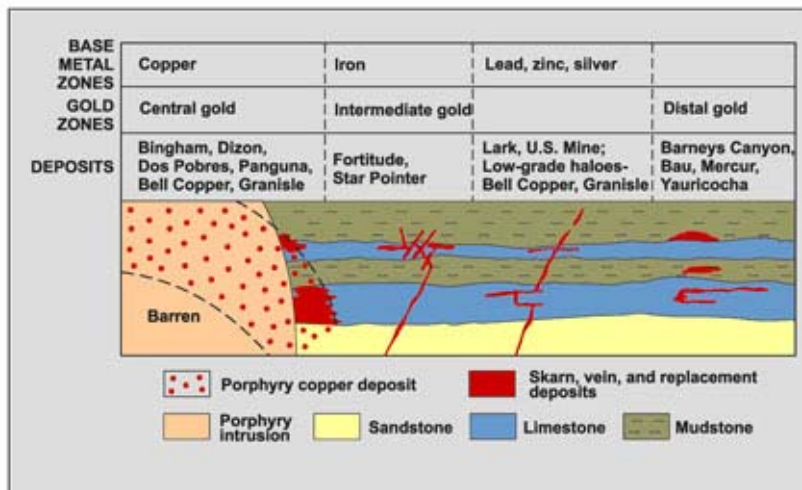
سنگهای آذرآواری در بسیاری از نواحی کانی‌سازی مس پورفیری رایج هستند اما هر نوع سنگ رسوبی می‌تواند از نظر فضایی با یک کانسار مس پورفیری در ارتباط باشد. جایی که سنگ میزبان، سنگها و واحدهای کربناتی هستند، کانی‌سازی اسکارنی نیز یافت می‌شود. پدیده دگرگونی نقشی در تشکیل و جایگیری ذخایر مس پورفیری ندارد، گرچه در برخی نواحی، سنگهای دگرگون شده بعنوان سنگ میزبان حضور دارند.

۱-۶) مشخصات فیزیکی ذخایر مس پورفیری

فرم کلی هر ذخیره پورفیری متفاوت بوده و شامل اشکال نامنظم، بیضوی، استوانه‌ای و غیره می‌باشد. کانسنگها ممکن است بصورت جدا از هم و یا با همپوشانی بوده و در برخی موارد بر روی یکدیگر قرار گرفته‌اند (مانند Carten et al., 1988). Singer et al. (2008) ابعاد این ذخایر و مساحت دگرسانی گرمایی، توده‌های کانسنگی و سنگهای سولفید دار را از طریق مطالعه نمونه‌های تیپیک این کانسارها جدول بندی و ارائه نموده است. بر اساس مطالعات وی، متوسط ابعاد بزرگترین محور دگرسانی در اطراف یک ذخیره مس پورفیری ۴-۵ کیلومتر است، در حالیکه میانگین مساحت دگرسانی ۷-۸ کیلومتر مربع می‌باشد. ابعاد هر کانسنگ در ۳ بعد می‌تواند به صدها تا هزاران متر برسد. کانسنگها ممکن است بصورت مجزا از هم بوده و یا با هم همپوشانی داشته باشند و در برخی موارد بر روی هم قرار دارند (Carten et al., 1988).

کانسنگها بطور مشخص، منطقه بندی نشان داده و دارای هسته‌های عقیم و زونهای فلزدار تقریباً متحدالمرکز هستند که ممکن است توسط هاله‌های پیریتی عقیم، همراه با رگه‌های پیرامونی، اسکارنها، زونهای مانتوی جانیشینی و ذخایر ایپی‌ترمال فلزات باارزش احاطه شده باشند (مانند Einaudi, 1982; Sillitoe, 1988 a,b; Jones, 1992; شکل ۱-۳). الگوهای نامنظم کانسنگ و دگرسانی تا حدودی نتیجه همپوشانی یافتن یا تفکیک فضایی زونهای کانی‌سازی و دگرسانی با سنین مختلف است.

گسترش عمودی کانسنگ به حداقل عیار مس بستگی دارد که توسط ارزش مس در بازار و هزینه‌های استخراج محلی کنترل می‌شود. برای مثال در کانسار Dos Pobres آریزونا، از راس کانسنگ تا جاییکه عیار مس به ۰/۲ درصد می‌رسد تقریباً ۱-۱/۲ کیلومتر است (Langton and Williams, 1982). در کانسار Sierrita آریزونا، فاصله عمودی برونزد کانسنگ در سطح تا قاعده کانی‌سازی کم عیار، تقریباً ۱/۱-۰/۸ کیلومتر است (West and Aiken, 1982). در کانسار Bingham یوتا نیز بیشترین گسترش عمودی کانسنگ مس تقریباً ۱/۴ کیلومتر است (Babcock et al., 1995).



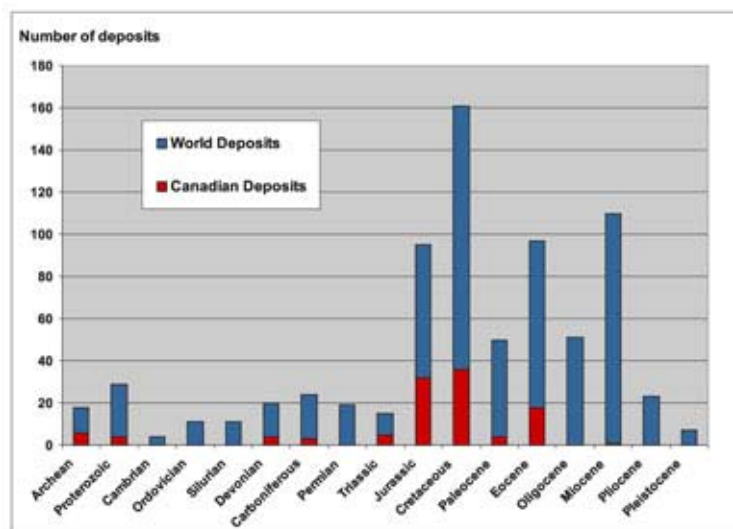
شکل ۱-۳ مدل کلی زونینگ برای سیستمهای مس پورفیری حاوی طلا (پس از Jones, 1992).

شکل این ذخایر در روی سطح افقی، معمولاً نیم دایره تا بیضوی است. در مقطع عرضی، مواد کانسنگی در یک کانسار معمولاً بشکل یک مخروط وارونه هستند و مواد دگرسان شده و کم عیار داخل مخروط بنام مخروط عقیم نامیده می‌شوند. برای مثال در کانسار Grasberg اندونزی، مخروط کم عیار، یک نفوذی مرحله پسین است (MacDonald and Arnold, 1994).

ساختارهای مرتبط با کانی سازی در یک کانسار پورفیری شامل رگه‌ها، رگچه‌ها، شکستگیهای استوک ورک، زونهای برشی انفجاری و مجراهای برشی هستند. در کانسارهای پورفیری پیچیده و اقتصادی، رگه‌ها و شکستگیهای کانی سازی شده معمولاً از تراکم خیلی بالایی برخوردارند. جهت یافتگی ساختارهای کانی سازی شده می‌تواند در ارتباط با محیطهای تنش محلی در بالای استوک بوده و یا می‌تواند منعکس کننده شرایط تنش منطقه‌ای باشد (Carten et al., 1988; Linnen and William-Jones, 1987). زمانیکه این ساختارها در حجم عظیمی از سنگ همدیگر را قطع کرده باشند، زونهای با عیار بالاتر و ذخایر پورفیری با ابعاد عظیم حاصل می‌شوند.

۱-۷) توزیع زمانی

محدوده سنی ذخایر پورفیری از آرکئن تا عهد حاضر را شامل می‌شود، گرچه اکثر آنها متعلق به ژوراسیک و دوره‌های جوانتر از آن هستند (شکل ۴-۱). در مقیاس جهانی، دوره‌های اوج شکل‌گیری ذخایر پورفیری، ژوراسیک، کرتاسه، آئوسن و میوسن هستند. گرچه ذخایر پورفیری متعلق به پرکامبرین چندان خوب حفظ نشده‌اند، اما نمونه‌های مهمی از این ذخایر شناسایی شده‌اند، مانند Malanjhand هندوستان (Sikka and Nehru, 1999)، Tongkuangyu چین (Minnitt, 1986) و Troilus کبک (Fraser, 1993). از دیگر نمونه‌های این ذخایر می‌توان McIntyre و Setting Net Lake اوهایو، Clark Lake و McLeod Lake کبک و Coppin Gap استرالیا را نام برد. کانسار مس - مولیبدن پورفیری Coppin Gap با سن ۳/۳ میلیارد سال (Williams and Collins, 1990) قدیمی‌ترین کانسار پورفیری شناخته شده در جهان است. البته ذخایر مس پورفیری قدیمی‌تر از دونین عمدتاً فاقد صرفه اقتصادی هستند. در مجموع، بدلیل عمق کم تشکیل این ذخایر (۴-۱ کیلومتر)، ذخایر حفظ شده غالباً متعلق به مزوزوئیک و سنوزوئیک هستند، گرچه نمونه‌های قدیمی‌تر مهمی نیز وجود دارند.



شکل ۴-۱ توزیع سنی ذخایر پورفیری جهان (Sinclair, 2004).

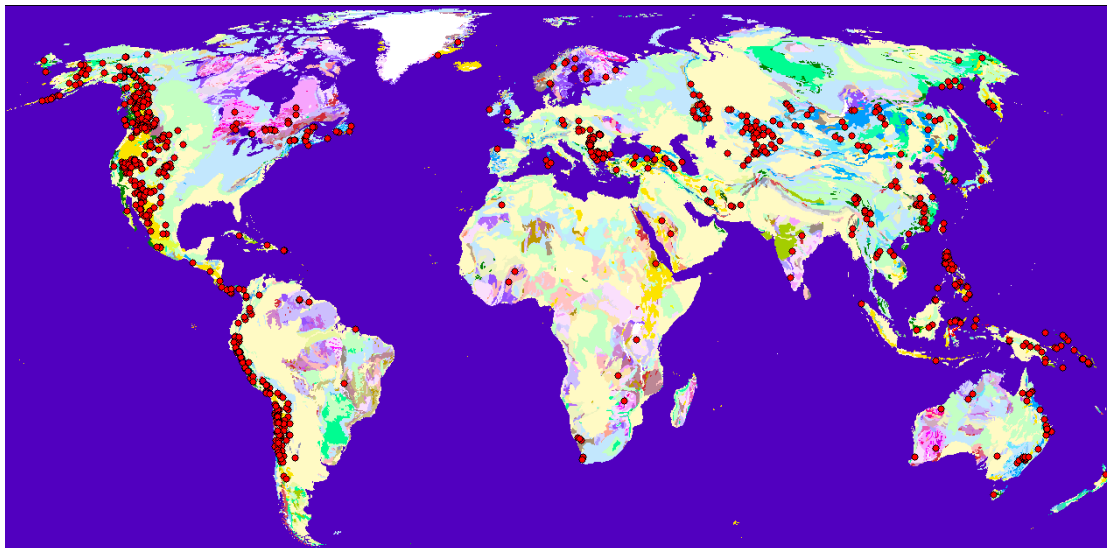
۱-۸) جایگاه تکتونیکی

محیط ساختاری تشکیل ذخایر پورفیری می‌تواند متنوع باشد و محیط منحصر بفردی برای جایگیری این کانسارها وجود ندارد. ذخایر پورفیری در سرتاسر جهان در طول یک سری ایالت‌های فلزایی خطی نسبتاً باریک و طویل یافت می‌شوند (شکل ۵-۱). این ذخایر عمدتاً در ارتباط با کمربندهای کوهزایی مزوزوئیک و سنوزوئیک در بخش‌های غربی آمریکای شمالی و جنوبی (کمر بند کوهزایی کردیلرایی مزوزوئیک پیشین تا سنوزوئیک پسین)، کمر بند کوهزایی تتیس

و حاشیه غربی حوضه اقیانوسی آرام، خصوصاً در مجمع‌الجزایر جنوب شرق آسیا می‌باشند. با وجود این، ذخایر بزرگی نیز در داخل کمربندهای کوهزایی پالتوزوئیک در آسیای مرکزی و شرق آمریکای شمالی (کمر بند کوهزایی آپالاچین) و بمقدار کمتر در سرزمینهای پرکامبرین وجود دارند.

ذخایر مس پورفیری معمولاً در زونهای ریشه آتشفشانهای مطبق آندزیتی مرتبط با فرورانش یا بعبارت دیگر در قوسهای ماگمایی قاره‌ای در طول حواشی پلیتهای همگرا و نیز در جایگاههای قوسهای جزیره‌ای تشکیل می‌شوند (Sillitoe and Bonham, 1984; Sillitoe, 1973, 1988a). گرچه این ذخایر در ارتباط با مراکز آتشفشانی مرتبط با فرورانش هستند، اما بنظر می‌رسد برخی ذخایر در ارتباط با ولکانیسم پس برخوردی باشند. جایگاههای قوس ماگمایی ممکن است ترا فشاری یا ترا کششی باشند. ذخایر مس - طلا، نظیر ذخایر مرتبط با نفوذیهای آلکالن اشباع از سیلیس تریاس و ژوراسیک زیرین در بریتیش کلمبیا، در جایگاه قوس جزیره‌ای (ولی احتمالاً در طی دوره‌های کششی) تشکیل شده‌اند. ذخایر مس پورفیری در جنوب آریزونا در ارتباط با سنگهای گرانیتی جایگیری کرده در داخل یا در طول حواشی کالدرها می‌باشند (Lipman and Sawyer, 1985). ذخایر Grasberg و Porgera در زون برخوردی قاره با قوس جزیره‌ای در طی یا بلافاصله پس از فرورانش تشکیل شده‌اند (McDonald and Arnold, 1994; Richards and Kerrich, 1993). ذخایر مس پورفیری در کمر بند Yulong در تبت در ارتباط با حوضه‌ها pull-apart در یک گسل امتدادلغز بزرگ پس‌فرورانشی هستند (Hou et al., 2003).

البته برخی استثنائات نیز وجود دارند. برای مثال، ذخایر مس - مولیبدن پورفیری Tribag و Jogran در آنتاریو، ظاهراً در ارتباط با یک محیط ریفتی قاره‌ای هستند (Kirkham, 1973; Norman and Sawkins, 1985) و کانسار مولیبدن پورفیری Malmbjerg در شرق گرینلند در ارتباط با پلوم گوشته‌ای ایسلند است (Schnowandt, 1988; Brooks et al., 2004). لذا می‌توان گفت کانسارهای پورفیری می‌توانند در جایگاههای مختلف و منحصر بفرد تشکیل شوند.



شکل ۵-۱ توزیع جهانی ذخایر پورفیری (Sinclair, 2004).

در واقع، جایگاه تکتونیکی حاکم و چهارچوب ساختاری ناحیه، کنترل کننده اندازه و شکل کانسار، محتوای فلز آن و نیز تعیین کننده محل تشکیل آن می‌باشد (Richards et al., 2001; Sillitoe, 1994, 1997). Richards (2005) تشکیل ذخایر مس پورفیری در قوسهای ماگمایی کالک آلکالن را محصولی از یک سری فرایندهای گسترده عنوان کرده که با آزدایی صفحه اقیانوسی فرورونده آغاز می‌گردد. سیالات آزاد شده از تیغه فرورونده که حاوی آب، گوگرد، هالوژنها، عناصر لیتوفیل درشت یون و فلزات هستند موجب متاسوماتیسم گوه گوشته‌ای شده و موجب تولید