

تحلیل ساختاری رگه‌های کوارتز طلا دار همراه با چین خوردگی در منطقه خراپه پیرانشهر، آذربایجان باختری

محمد محجل^۱ و شجاع‌الدین نیرومند^{۲*}

^۱دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

^۲استادیار، دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۰/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۱/۱۴

چکیده

شواهد ساختاری مطالعه شده از چین‌های موجود در منطقه خراپه (جنوب شهر پیرانشهر در آذربایجان باختری) مشخص می‌کند که دو نسل چین خوردگی هم‌محور با روند شمال باختر - جنوب خاور در مجموعه سنگ‌های دگرگون با سن کرتاسه در این بخش از پهنه سندج - سیرجان به وجود آمده است. چین‌های مرحله اول به صورت بسته تا یال موازی خوابیده هستند که برگوارگی سطح محوری در آنها به وجود آمده است. این چین‌ها به صورت هم‌محور توسط چین‌های بسته تا باز با سطح محوری قائم مرحله دوم دوباره چین خورده‌اند. رگه‌های کوارتز طلا دار، دایک‌ها با شیب زیاد و گسل‌های عادی که همراستا با سطح محوری چین‌های ایستاده نسل دوم هستند در منطقه لولایی چین‌ها تمرکز دارند. از طرف دیگر اطلاعات ژرفایی از رگه‌های کوارتزی مشخص ساخته که پهنای رگه‌ها در ژرفا کمتر می‌شود. بررسی ساختاری مشخص ساخت که در طول مرحله دوم چین خوردگی، کشیدگی بیشتر در منطقه لولایی در جهت عمود بر محور چین‌ها ایجاد شده است. این موضوع موافقت آشکاری با سازوکار چین خوردگی کرنش طولی مماسی (Tangential Longitudinal Strain) در تشکیل چین‌های نسل دوم در منطقه خراپه دارد که در طی آن در بخش‌های بیرونی لولاهای طاق‌دیس‌ها کشش تمرکز یافته است. تمرکز گسستگی کششی در منطقه لولایی چین‌ها روشن می‌سازد که رگه‌های کوارتز محصول محلول‌های دگرگونی و انحلال فشاری، در بخش‌های هسته چین‌ها، با استفاده از فرایند کششی در بخش خارجی چین‌ها در طول چین خوردگی به درون درزه‌های کششی هجوم آورده و این پرشدگی به همراه ایجاد شکستگی‌های کششی و باز شدن آنها به صورت تدریجی و در چند مرحله صورت گرفته است. همچنین برخی از فضا‌های پر شده از کوارتز به موازات لایه‌بندی قرار گرفته‌اند. در گسستگی‌هایی که همراه با جابه‌جایی بوده، قطعاتی به صورت درونگیر از سنگ‌های بستر درون رگه‌های کوارتزی به دام افتاده‌اند. شواهد مطالعه شده مشخص می‌کند که گسستگی کششی در فرایندی با سازوکار ایجاد کننده چین‌های مرحله دوم ارتباط داشته و رگه‌های کوارتزی طلا دار در بخش لولایی طاق‌دیس‌ها در منطقه خراپه تمرکز یافته‌اند.

کلیدواژه‌ها: رگه طلا دار، چین خوردگی، خراپه، پیرانشهر، پهنه سندج - سیرجان.

***نویسنده مسئول:** شجاع‌الدین نیرومند

E-mail: sh.niroomand@gmail.com

۱- پیش‌گفتار

موقعیت بسیاری از کانسارها با ساختار موجود در سنگ‌ها کنترل می‌شود (Richard & Tosdal, 2005; Cox et al., 1991)، که این موضوع می‌تواند در ارتباط با درزه‌ها، گسل‌ها، پهنه‌های برشی و یا چین‌ها باشد. مطالعه ارتباط تشکیل ماده معدنی با ساختارهای که خاستگاه ماده معدنی قرار گرفته است کمک زیادی در فهم هندسه موقعیت ماده معدنی و سازوکار تشکیل آن می‌کند و در امر اکتشاف روشنگر روابط ساختاری با چگونگی تشکیل ماده معدنی بوده و مسیر فعالیت‌های اکتشافی را تعیین می‌کند. سنگ‌های رسوبی - آتشفشانی موجود در منطقه جنوب شهر مرزی پیرانشهر در آذربایجان باختری شامل شیست، سنگ‌آهک و نهشته‌های آتشفشانی با سن کرتاسه است (شکل‌های ۱ و ۲). این مجموعه سنگی در دو مرحله چین خورده‌اند. رگه‌های کوارتزی طلا دار در منطقه معدنی خراپه واقع در جنوب پیرانشهر با هندسه قائم تا با شیب زیاد، مجموعه چین خورده را قطع کرده‌اند. بررسی ساختاری از این منطقه مشخص ساخت که رگه‌های طلا دار با سازوکار چین خوردگی نسل دوم و هندسه آنها ارتباط دارد.

در این مطالعه افزون بر ارائه شواهد دو مرحله چین خوردگی در منطقه خراپه، علت و فرایند بوجود آمدن گسستگی‌ها و تمرکز آنها در منطقه لولایی چین‌های نسل دوم و پر شدن آنها با رگه‌های کوارتزی طلا دار مورد بحث قرار گرفته است. برای روشن شدن ساختار خاستگاه رگه‌های کوارتز طلا دار، ابتدا شواهد موقعیت هندسی رگه‌های طلا دار در ارتباط با هندسه چین‌ها ارائه و سپس اهمیت نقش سازوکار چین خوردگی در تشکیل گسستگی‌ها و موقعیت آنها در ساختمان چین‌ها بیان شده است.

۲- ساختار

ساختار در منطقه خراپه شامل چین‌ها، گسل‌ها و شکستگی‌ها هستند. ابتدا ساختار چین‌ها و ویژگی‌های هندسی آنها بررسی می‌شوند. شواهد ساختاری برداشت شده نشان می‌دهد که چین خوردگی در دو مرحله بوده است.

۲-۱. چین خوردگی مرحله اول

چین‌های مرحله اول در سنگ‌آهک‌های ستر لایه و شیست‌ها در مقیاس نقشه و برونزد به صورت بسته تا یال موازی دیده می‌شوند (شکل‌های ۳-الف تا د). در بخش یال‌ها و لولاهای چین‌های بزرگ مقیاس، چین‌های فرعی به وجود آمده به خوبی مشهودند (شکل ۳-ب). محور آنها با میل متوسط تا کم به سمت شمال باختر بوده و سطح محوری افقی تا کم شیب آنها با سطح محوری چین‌های مرحله دوم چین خورده است (شکل ۴). برگوارگی سطح محوری در این چین خوردگی توسعه یافته که در آهک‌ها کلیواژ موازی با سطح محوری چین‌های نسل اول (شکل ۳-ه) و در شیست‌ها به صورت شیستوزیت به رشد کانی‌های ورقه‌ای میکا به صورت برگوارگی سطح محوری گسترش یافته است (شکل ۳-و). در شیست‌ها لایه‌بندی در بیشتر برونزدها قابل تشخیص نیست (شکل ۳-الف) ولی رگه‌های کوارتزی چین خورده همراه این مرحله، چین خوردگی مرحله اول را به خوبی نشان می‌دهند (شکل ۳-د).

۲-۲. چین خوردگی مرحله دوم

چین‌های مرحله دوم به صورت چین‌های باز و ایستاده هستند که چین‌های یال موازی مرحله اول را دوباره چین داده‌اند. محور این چین خوردگی با میل کم به سمت شمال باختر و به صورت موازی تا شبه موازی با محور چین‌های مرحله اول قرار دارند (شکل ۴). برگوارگی خوب گسترش یافته مرحله اول در شیست‌ها در این مرحله

۴- دایک‌ها

دایک‌های بازی در منطقه معدنی به موازات و همراه با رگه‌های کوآرتز به ویژه با رگه‌های موازی سطح محوری طاق‌دیس‌ها دیده می‌شوند (شکل‌های ۲ و ۴ ج). این دایک‌ها به شدت دگرسانی نشان می‌دهند. علت حضور و گسترش آنها نیز مشابه ایجاد رگه‌های کوآرتزی است و در اثر کشیدگی در مناطق لولایی طاق‌دیس‌های خراپه و زینونجیان (شکل ۱) نفوذ کرده‌اند و می‌توانند به عنوان یکی از تغذیه کننده‌های طلا مورد توجه باشند.

۵- سازوکار چین‌خوردگی کرنش طولی مماسی (Tangential Longitudinal Strain) و رابطه آن با تشکیل رگه‌های کوآرتز طلدار

در سازوکار چین‌خوردگی با کرنش طولی مماسی در بخش هسته، چین فشارش و در بخش بیرونی، کشش ایجاد می‌شود که مرز این دو را صفحه خنثی کنترل می‌کند. در اثر آن در هسته چین، ساختارهای محصول فشردگی و در بخش بیرونی ساختارهای محصول کشش تشکیل خواهند شد (Ramsay & Huber, 1983). این موضوع در منطقه می‌تواند سبب گسترش کوآرتز محصول انحلال فشاری در بخش هسته و حرکت آنها به سمت بیرونی طاق‌دیس‌ها و تمرکز در شکستگی‌های عمدتاً هم‌روند با سطح محوری شوند. رگه‌های کوآرتزی با پهنای مختلف در اندازه‌های چند میلی‌متر تا چند ده متر با روند شمال باختر- جنوب خاور با درصد و تراکم زیاد در راستای سطح محوری چین‌های مرحله دوم و با درصد و تراکم کمتر در راستای عمود بر محور و روند زاویه‌دار نسبت به محور چین‌های بزرگ مقیاس مرحله دوم دیده می‌شوند (نمودارهای گلسرخی در شکل ۲). این رگه‌ها به صورت قائم و یا دارای شیب زیاد به دو سوی شمال خاور و جنوب باختر هستند و لایه‌بندی را قطع می‌کنند. اطلاعات حفاری در منطقه، نشان داده که رگه‌ها در ژرفای زیاد حضور ندارند و به سمت سطح سبترای آنها بیشتر می‌شود. تراکم رگه‌ها در بخش لولایی چین‌های مرحله دوم در دو منطقه خراپه و زینونجیان در راستای شمال باختر- جنوب خاور است. این دو منطقه دقیقاً محل اثر معدنی به نام این دو آبادی بوده و در خراپه در قالب چهار بلوک A تا D با نقشه‌های معدنی در مقیاس‌های دقیق‌تر نقشه‌برداری شده‌اند (Niromand et al., 2011). در بخش‌هایی، کوآرتز به موازات لایه‌بندی‌ها در اندازه‌های بزرگ‌تر و سبتر از رگه‌هایی که لایه‌بندی‌ها را قطع می‌کنند وجود دارد (شکل ۷- ج).

۶- بحث و نتیجه‌گیری

شواهد مطالعه شده از چین‌های موجود در منطقه خراپه مشخص می‌کند که سازوکار چین‌خوردگی در چین‌خوردگی مرحله اول خمشی- برشی تا خمشی- جریانی بوده است به گونه‌ای که لایه‌ها در پال‌ها نازک‌تر شده و در لولا سبتر می‌شوند (شکل‌های ۳- ج، ۴- الف تا د). ولی در مورد چین‌خوردگی مرحله دوم حضور و تمرکز رگه‌های کوآرتزی طلدار، دایک‌ها و گسل‌های عادی در منطقه لولایی طاق‌دیس خراپه مشخص می‌کند که گسستگی کششی در منطقه لولایی چین‌ها به همراه چین‌خوردگی ایجاد شده است. این موضوع مشخص می‌سازد که در جریان این مرحله از چین‌خوردگی در راستای عمود بر محور چین‌ها، کشیدگی ایجاد شده است.

ایجاد کشیدگی عمود بر لایه‌بندی و با امتدادی موازی با محور چین در سازوکار چین‌خوردگی با کرنش طولی مماسی (Tangential Longitudinal Strain) که در آن در بخش‌های خارجی لولای چین کشش ایجاد می‌شود توسط پژوهشگرانی که بر روی سازوکار چین‌خوردگی بحث کرده‌اند به تفصیل بحث و شواهد مطالعاتی فراوانی ارائه شده است (برای مثال: Ramsay & Huber, 1983).

به صورت کنگره‌ای چین‌خورده و برگوارگی سطح محوری ضعیفی را به موازات سطح محوری چین‌های مرحله دوم به صورت قائم یا با شیب زیاد ایجاد کرده‌اند (شکل ۵- الف تا د). این برگوارگی در سنگ آهک‌های سبتر لایه و توده‌ای و سنگ‌های آتشفشانی به صورت کلیواژ گسسته (Fracture Cleavage) دیده می‌شود (شکل ۵- الف).

۲-۳. گسل‌ها و شکستگی‌ها

گسل‌های عادی با امتدادی موازی با امتداد سطح محوری چین‌های مرحله دوم گسترش یافته‌اند. تراکم و مقدار جابه‌جایی این گسل‌ها در مناطق لولایی بیشتر و در پال‌های آنها کمتر است. این گسل‌ها دارای صفحه گسلی مشخص هستند که اندازه‌گیری از خش خط‌های سطوح گسلی، شیب لغز بودن آنها را مشخص می‌سازد (شکل‌های ۵- ه، و) فرادیواره در آنها پایین افتاده و گاه اختلاف ارتفاع به بیشتر از ۱۰ متر رسیده است (شکل ۴- ج). گسل‌هایی نیز با محور چین‌ها زاویه دارند و آنها را قطع می‌کنند. این گسل‌ها رگه‌های کوآرتزی را نیز قطع می‌کنند و پهنه برشی کاتاکلاستی دارند که درصد بالاتری از طلا را نسبت به رگه‌های کوآرتزی طلدار دارند (شکل ۶- الف).

شکستگی‌های پر شده توسط رگه‌های کوآرتز در سه گروه موازی، عمود و زاویه‌دار نسبت به روند محور چین‌ها در سنگ‌ها گسترش یافته‌اند. گسترش آنها بویژه درزه‌های موازی محور طاق‌دیس‌ها به گونه‌ای محسوس در لایه‌های آهکی است. این درزه‌شدگی در مناطق لولایی چین‌ها تراکم و درصد بالاتری دارند.

۳- رگه‌های کوآرتز

رگه‌های کوآرتز در منطقه معدنی خراپه به دو صورت قطع کننده لایه‌بندی و موازی آن دیده می‌شوند:

۳-۱. رگه‌های کوآرتز قطع کننده لایه‌بندی

این نوع رگه‌های کوآرتز با روند چیره شمال باختر- جنوب خاور در هر چهار بلوک A تا D تمرکز و تعداد بالاتری دارند (شکل‌های ۲ و ۶- ب تا د). حضور آنها در چنین روندی در محدوده منطقه لولایی طاق‌دیس‌های خراپه و زینونجیان بوده و به سمت پال‌ها کاهش پیدا می‌کند. رگه‌های کوآرتز در روندهای عمود بر محور، در راستای شمال خاور- جنوب باختر و روندهای متقاطع نیز گسترش یافته‌اند ولی درصد آنها بسیار کمتر است. برخی از رگه‌های کوآرتزی که در پهنه‌های گسلی در منطقه لولایی چین‌ها جای گرفته‌اند برشی شده و حتی قطعاتی از سنگ‌های دیواره مثل آهک، شپست و سنگ‌های آتشفشانی در این برش با سنگ زمینه کوآرتزی به دام افتاده‌اند (شکل‌های ۷- الف، ب). نفوذ کوآرتز در رگه‌های باز شده در مراحل مختلف و به صورت پیش‌رونده صورت گرفته است به گونه‌ای که رگه‌های نفوذ یافته پیشین، خود دوباره شکسته، باز شده و در فضای باز شده کوآرتز نوبت جدید نفوذ کرده است (شکل ۷- د). در برخی موارد این موضوع با رشد فیبرهای از کوآرتز تقریباً عمود بر دیواره رگه‌ها صورت گرفته است که نشان از بازشدگی به دلیل کشیدگی و ایجاد فضای باز کافی در آنها است.

۳-۲. رگه‌های کوآرتز به موازات لایه‌بندی

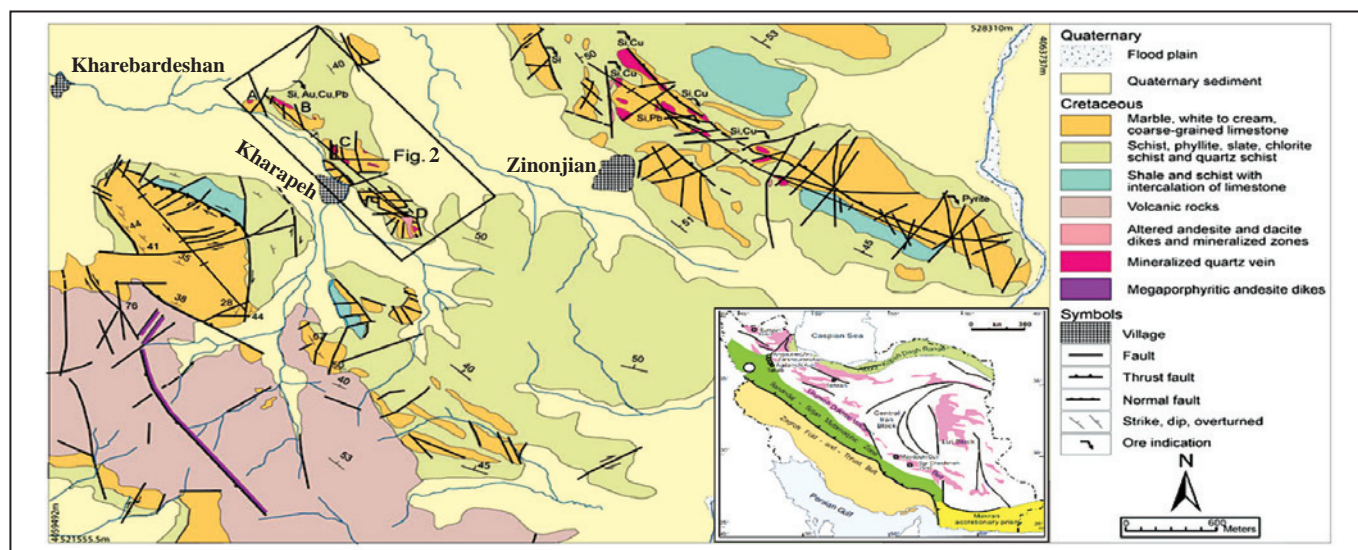
این رگه‌های کوآرتز متفاوت با رگه‌های قطع کننده لایه‌بندی و برگوارگی بوده و به موازات آنها و معمولاً در حجم‌های بیشتر و سبترای زیادتر دیده می‌شوند. این نوع کوآرتز درون واحد آهکی و شپستی وجود دارد (شکل ۷- ج). یک ساخت شبیه لایه‌بندی به موازات لایه‌بندی و برگوارگی موازی آن در این واحدهای کوآرتزی وجود دارد. این واحدهای کوآرتزی که به صورت عدسی‌های موازی لایه‌بندی می‌باشند، رگه‌هایی هستند که احتمالاً در مکان‌های کارستی و نقاط ضعف و فضاهای موازی لایه‌بندی قرار گرفته‌اند.

با اعضای ساختاری آنها رابطه مستقیم دارد. این موضوع در مراحل پیوسته صورت می‌گرفته است، به گونه‌ای که رگه‌های کوارتزی پیش‌تر تشکیل شده دوباره شکسته و بازشدگی دوباره در آنها بوجود آمده و سپس توسط کوارتز جدیدتر پر شده است. حتی برخی از گسل‌ها در مواقع تأخیری با بریدن رگه‌های کوارتزی پیشین به همراه غنی‌شدگی بالایی از طلا در پهنه‌های برشی شکنای آنها این موضوع را تأیید می‌کند.

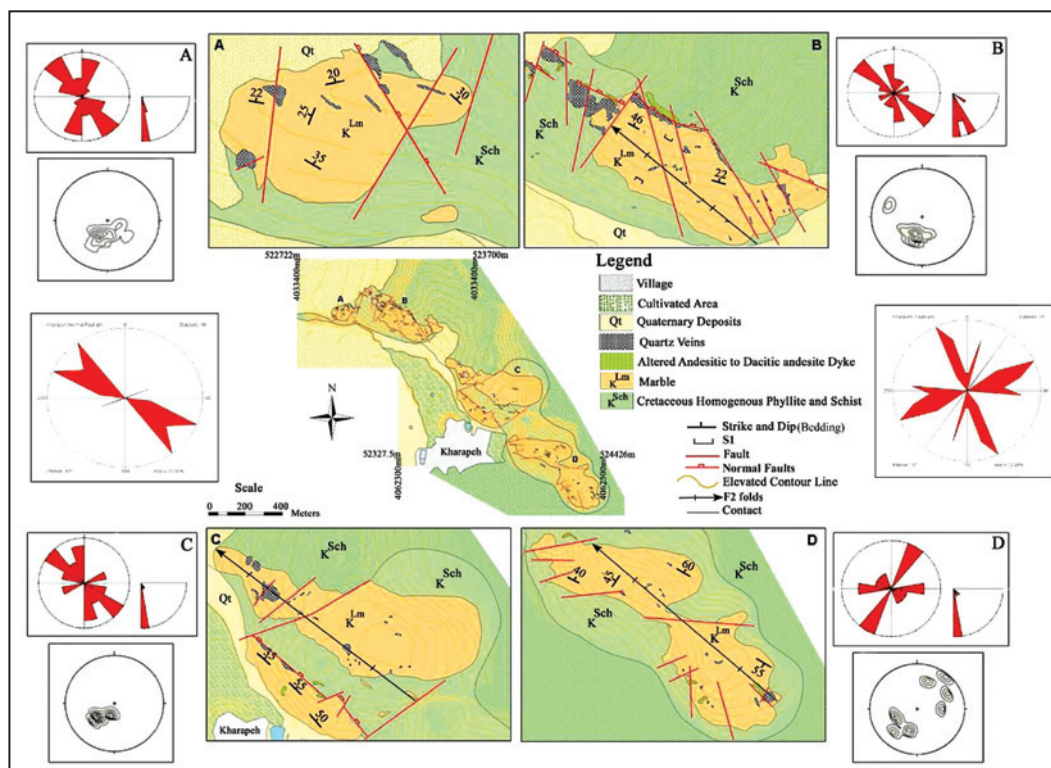
سپاسگراری

از سازمان زمین‌شناسی کشور برای فراهم کردن وسیله و امکانات کمپ در پیرانشهر و از فرمانداری محترم شهر پیرانشهر برای همکاری صمیمانه ایشان با این پژوهش و فراهم کردن محل اسکان در آن شهر صمیمانه سپاسگزاریم.

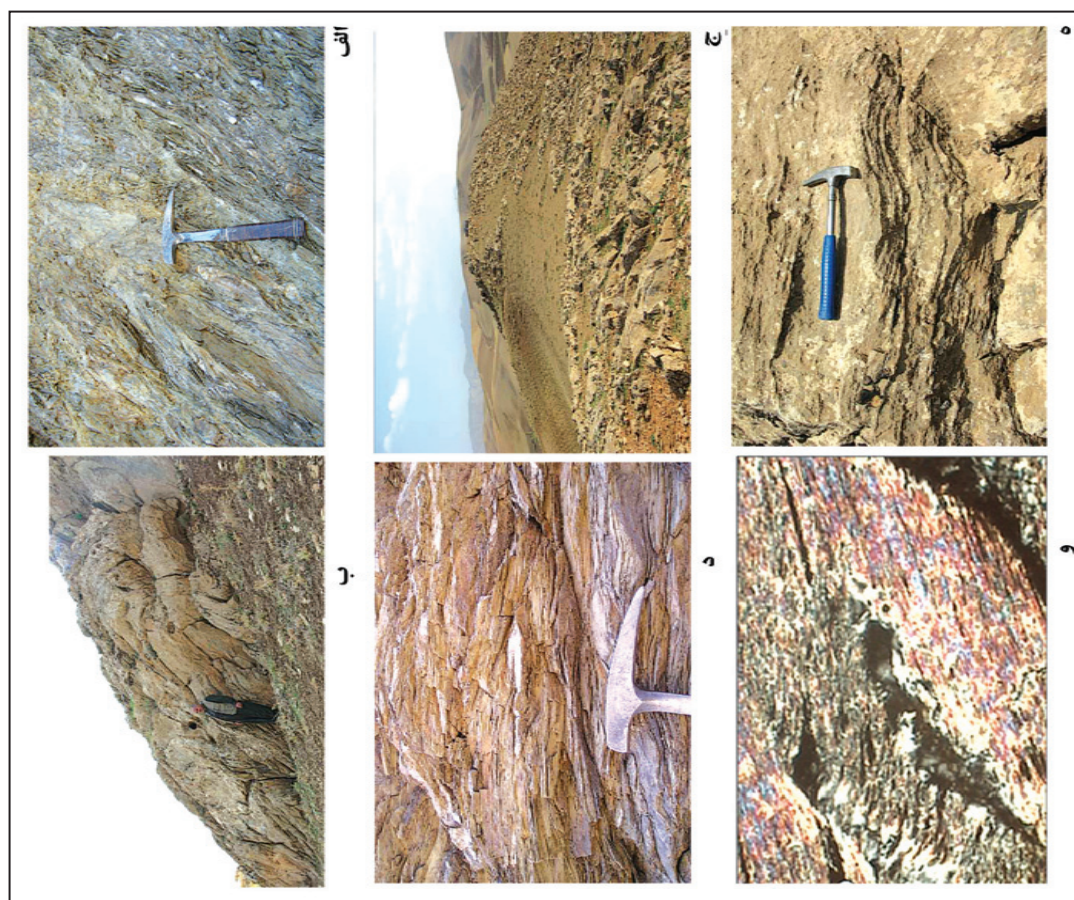
(Price & Cosgrove, 1990). شواهد آشکاری از این سازوکار چین‌خوردگی در طی مرحله دوم در منطقه خراپه وجود دارد که در بالا به آنها اشاره شد. این شواهد روشن می‌سازد که رگه‌های کوارتزی با استفاده از این فرایند کششی در طول چین‌خوردگی مرحله دوم به درون آنها هجوم آورده که این پرشدگی به همراه ایجاد شکستگی‌های کششی و باز شدن آنها به صورت تدریجی صورت گرفته است (شکل ۸). بخش‌های کوارتزی متراکم موازی لایه‌بندی می‌توانند در مراحل اولیه چین‌خوردگی تغذیه و پر شده باشند. در گسستگی‌هایی که همراه با جابه‌جایی بوده قطعاتی به صورت درونگیر از سنگ‌های بستر در درون کوارتزها به دام افتاده که حتی در مواردی آثار برش گسلی به دلیل فعالیت گسل‌های عادی در آنها دیده می‌شود. این گسستگی در فرایندی پیشرونده با ایجاد چین‌های مرحله دوم روی داده است، به گونه‌ای که



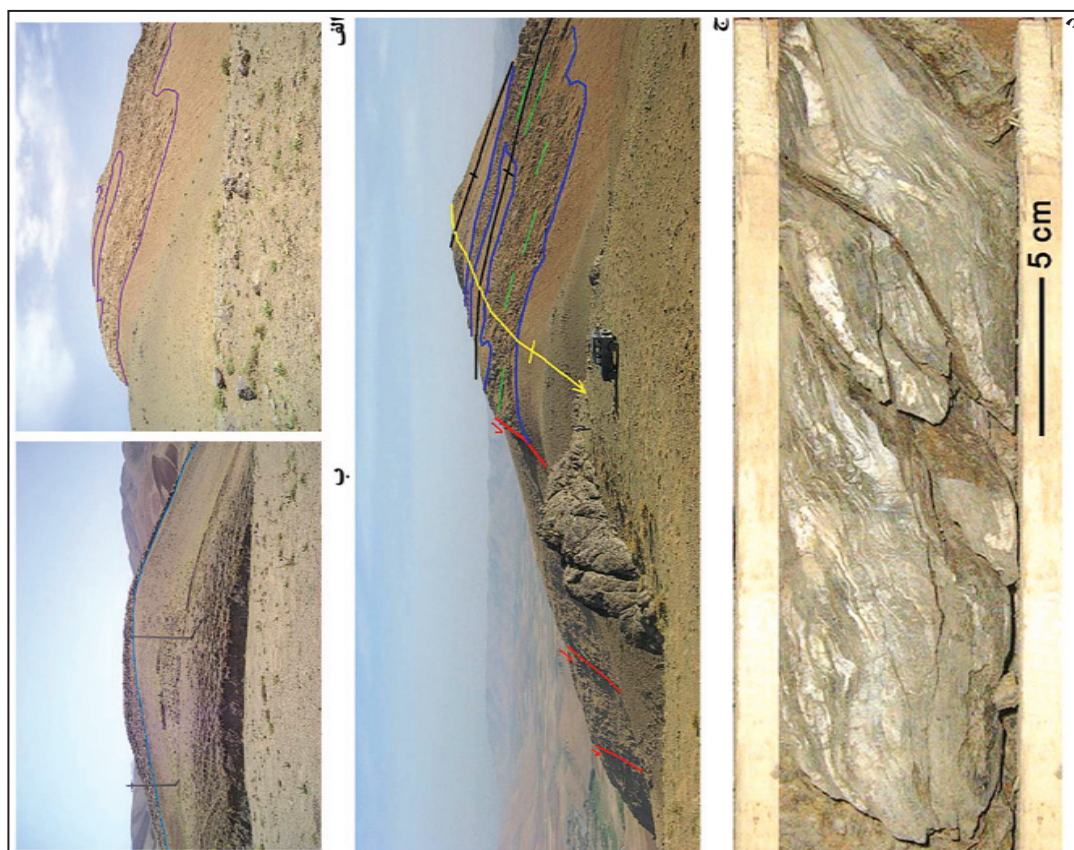
شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی منطقه خراپه- زینونجیان (Niromand et al., 2011). موقعیت منطقه در نقشه ایران آمده است. اثر معدنی خراپه در بخش شمال باختر، در شکل ۲ نشان داده شده است.



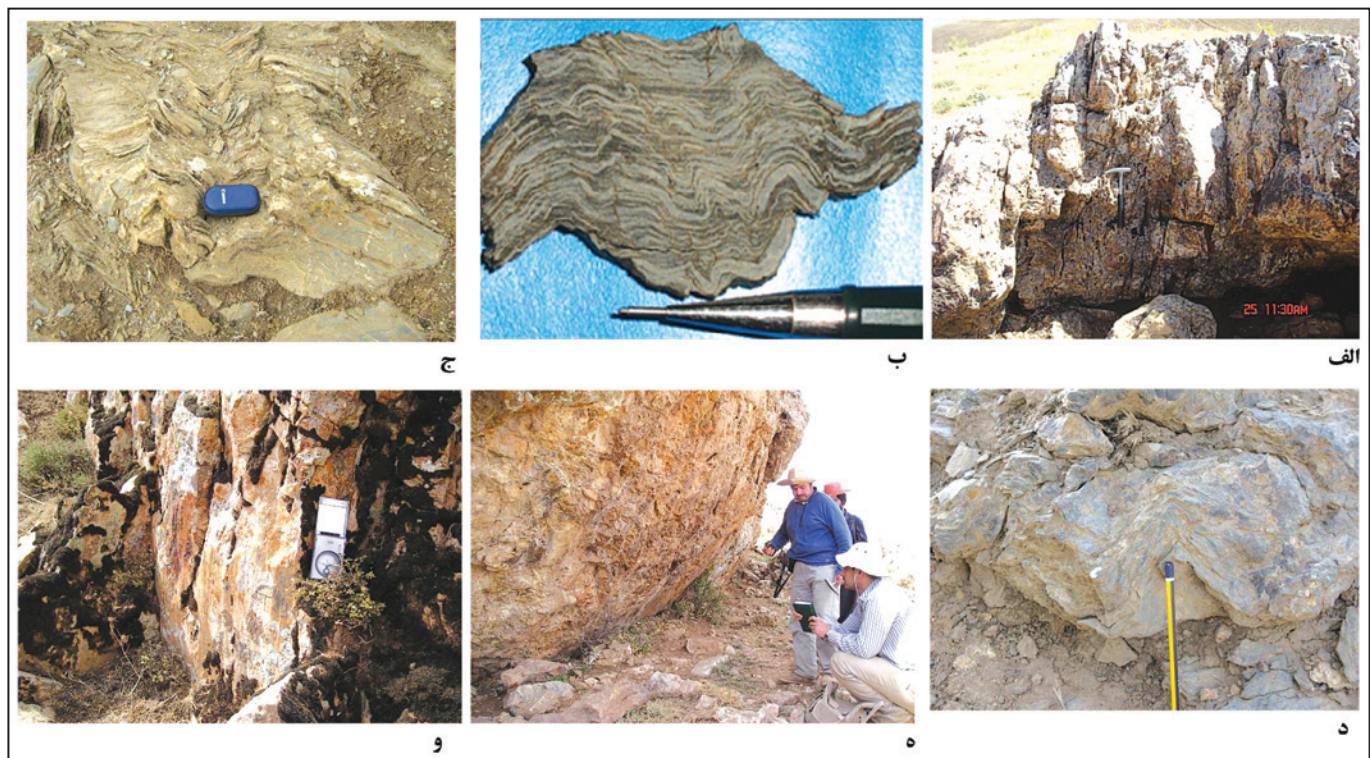
شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه خراپه (نقشه مرکزی). نقشه‌های اطراف ویژگی‌های دقیق ساختاری چهار بلوک موجود در نقشه مرکزی را نشان می‌دهند. نمودارهای گل سرخی A تا D ویژگی‌های هندسی شکستگی‌ها و رگه‌های کوارتز طلادار را در بخش‌های مختلف نشان می‌دهند. استریوگرام‌های A تا D موقعیت قطب لایه‌بندی را در بخش‌های مختلف نشان می‌دهند. نمودار گل سرخی E موقعیت هندسی گسل‌های عادی و نمودار گل سرخی F موقعیت هندسی دیگر گسل‌ها را نشان می‌دهند.



شکل ۳- الف) چین‌های نسل اول و برگرگی سطح محوری در شیب‌ها (شمال آبادی خراپه، نگاه به سمت جنوب)؛ ب) چین پارازیتیک Z شکل نسل اول در سنگ آهک‌های مرمر شده (شمال آبادی خراپه، نگاه به جنوب باختر)؛ ج) منطقه لولایی چین نسل اول در سنگ آهک مرمر شده (شمال آبادی خراپه، نگاه به جنوب خاور)؛ د) رگه کوارتزی فاقد طلا به صورت خوابیده در نسل اول چین‌خورده و برگرگی سطح محوری به خوبی گسترش پیدا کرده است (شمال آبادی خراپه، نگاه به سمت جنوب)؛ ه) برگرگی نسل اول در سنگ آهک مرمر شده که به موازات لایه‌بندی است؛ و) برگرگی (شیستوزیتی) در شیب‌ها در زیر میکروسکوپ با نور پلاریزه.



شکل ۴- الف) منطقه لولایی دوباره چین‌خورده چین نسل اول (شمال آبادی خراپه، نگاه به شمال باختر)؛ ب) منطقه لولایی چین باز و قائم نسل دوم (شمال آبادی خراپه، نگاه به جنوب خاور)؛ ج) منطقه لولایی دو نسل چین‌خوردگی در شکل دیده می‌شوند (شمال آبادی خراپه، نگاه به شمال). خطوط آبی لایه‌بندی و خطوط سبز برگرگی نسل اول به موازات لایه‌بندی است. چین‌های نسل اول به صورت یال موازی است. اثر سطح محوری چین دوم که چین قائم است (زرد) و اثر سطح محوری چین‌های نسل اول با رنگ مشکی مشخص شده است. گسل‌های عادی با امتداد به موازات سطح محوری چین نسل دوم مشخص شده‌اند. دایک آنالزیتی مگاپورفیر به موازات گسل‌های عادی در بخش پایین شکل قرار دارد (د) چین‌خوردگی به همراه برگرگی سطح محوری نسل اول در مغزه حفاری از ژرفای ۳۰ متر در بلوک B.

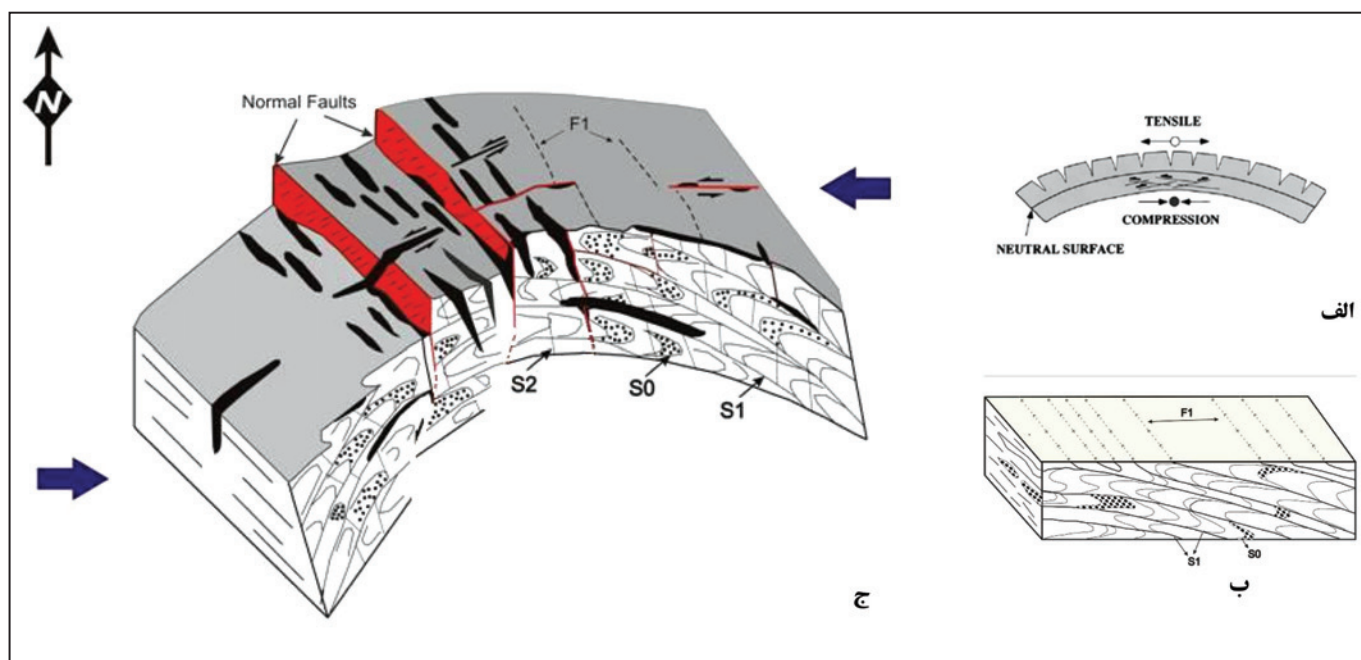
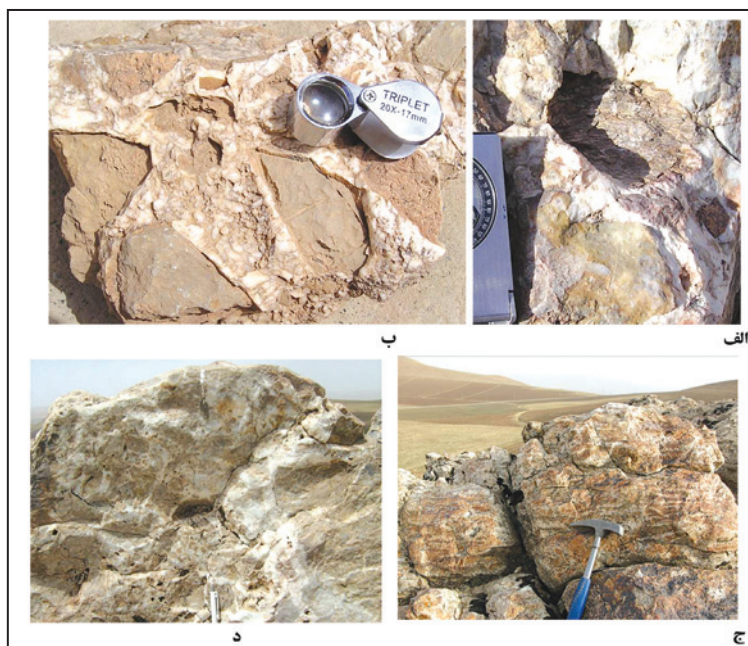


شکل ۵- الف) برگوارگی سطح محوری قائم نسل دوم به صورت کلیواژ گسسته (Fracture Cleavage) در سنگ آهک‌های مرمر شده؛ ب) ریزچین خوردگی قائم نسل دوم در شیست‌ها؛ ج و د) ریزچین خوردگی نسل دوم در سنگ آهک‌های نازک لایه؛ ه و و) سطح گسل عادی با شیب زیاد و قائم.



شکل ۶- الف) برش گسلی دارای کانی‌های مس و طلا با درصد بالا؛ ب) حضور رگه کوارتزی در صفحه گسلی با شیب زیاد و قائم؛ ج و د) پرشدگی درزه‌های کششی با رگه‌های کوارتزی با شیب زیاد، رگه‌های کوارتزی به صورت منظم در امتداد گسستگی‌ها قرار گرفته‌اند.

شکل ۷- الف و ب) در برگرفتن قطعات متفاوت از سنگ دیواره توسط کوارتز در رگه‌ها؛ ج) رگه کوارتزی به موازات لایه‌بندی؛ د) نفوذ رگه‌های جدید در مجموعه برشی شده پیشین.



شکل ۸- الف) الگوی نمایی از به‌وجود آمدن کشش عمود بر محور چین در بخش بیرونی طاق‌دیس و فشارش در بخش درونی طاق‌دیس را در سازوکار چین‌خوردگی کرنش طولی مماسی (Tangential Longitudinal Strain) نشان می‌دهد؛ ب) چین‌خوردگی خوابیده لایه‌بندی اولیه در مرحله نخست و به‌وجود آمدن برگوارگی مرحله اول؛ ج) چین‌خوردگی لایه‌بندی اولیه و برگوارگی مرحله اول به صورت چین‌های بسته تا باز ایستاده با سازوکار چین‌خوردگی کرنش طولی مماسی و به‌وجود آمدن درزه‌های کششی، گسل‌های عادی در بخش بیرونی طاق‌دیس و پر شدن آنها با کوارتز حاوی طلا.

References

- Cox, S. F., Wall, V. J., Etheridge, M. A. & Potter, T. F., 1991- Deformational and metamorphic processes in the formation of mesothermal vein-hosted gold deposits – examples from the Lachlan Fold Belt in central Victoria, Australia. *Ore Geology Reviews*, 6, 391-421.
- Niromand, Sh., Goldfarb, R. J., Moore, F., Mohajjel, M. & Marsh, E. E., 2011- The Kharapeh orogenic gold deposit: Geological, structural, and geochemical controls on epizonal ore formation in west Azerbaijan province, northwest Iran. *Mineralium Deposita*, Vol. 46, 409-428.
- Price, N. J. & Cosgrove, J. W., 1990- Analysis of geological structures. Cambridge University press, 502 pages.
- Ramsay, J. G. & Huber, M. I., 1983- Modern structural geology, volume 1: strain analysis. Academic Press INC. 307 pages.
- Richards, J. P. & Tosdal, R. M., 2005- Structural controls on ore genesis. *Reviews in economic geology*, Volume 14.

Role of Folding Mechanism in Generation of Gold Bearing Quartz Veins, Kharapeh Ore Occurrence (Pyranshahr, West Azarbaydjan)

M. Mohajjel¹ & S. Niroomand^{2*}

¹Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

² Assistant Professor, Faculty of Geology, College of Sciences, University of Tehran, Tehran, Iran

Received: 2010 January 11

Accepted: 2013 February 02

Abstract

Structural analysis of folds in the Kharapeh area clears tow co-axial folding stages in the Cretaceous metamorphic rocks, in this part of the Sanandaj-Sirjan zone. First stage folds are tight to isoclinal recumbent folds that were co-axially refolded by second stage upright open to close folds. Normal faults, mafic dykes and abundant quartz veins oriented sub-parallel to the axial surface of the kharapeh antiform implying that the extensions were synchronous with folding perpendicular to the fold axis, during second stage folding process in the area. This is well concordant with tangential longitudinal strain folding mechanism for the second stage folding. By this folding mechanism, tension was produced at the outer arc of the Kharapeh anticline and quartz veins were generated by compression in the core area and filled in the tension fractures that were mostly produced in the fold hinge area during the folding process. In fractures where it was accompanied with shearing, some clasts from wall rocks were engaged in the fault zone breccias. The field observations reveal that the fractures were produced synchronous with the second folding stage in the Kharapeh anticline and filled by the gold bearing quartz veins.

Keywords: Gold Bearing Veins, Folding, Kharapeh, Pyranshahr, Sanandaj-Sirjan Zone.

For Persian Version see pages 195 to 200

*Corresponding author: S. Niroomand; E-mail: sh.niroomand@gmail.com