فصلنامه زمین ساخت
سال اول، شماره سوم، پاییز ۹۴
۳۷-۲۷

رخدادهای دگرشکلی در کمپلکس‌های دگرگونی بلورد، جنوب شرق پهنه سنندج- سیرجان

زهرا حیدری*[۱]، ساسان باقری[۲]

۱. فارغ التحصیل کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان.
۲. استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه ، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان.

چکیده

درحاشیه‌ی شمال شرقی بخش جنوبی پهنه‌ی سنندج سیرجان، در شمال شرقی شهرستان سیرجان، دو مجموعه از سنگ‌های دگرگونی احتمالا متعلق به پی سنگ پهنه‌ی یاد شده رخنمون دارند. ولی مجموعه دگرگونی زردکوه در شمال و دیگری مجموعه دگرگونی حسین‌آبادسوچ است که در شرق بلورد ظاهر گشته‌اند. این دو مجموعه که در رخساره های شیست سبز و آمفیبولیت، دگرگون شده اند با قرارگرفتن گسله در کنار واحدهای تکتونیکی با جنس و ساختار متفاوتی نظیر افیولیت ملانژبافت، مجموعه‌ء سنگ‌های آتشفشانی دهج-ساردوئیه ظاهرشده وبر روی نهشته های رسوبی جوان نئوژن رانده شده اند.مجموعه‌های دگرگونی یاد شده بنظرتاریخچه دگر شکلی منطقه را بهتر از هر واحد دیگری در خود ضبط نموده‌اند. مطالعات صحرایی همراه بابرداشت نمونه های جهت دار و مطالعه ریزساختاری آنها، احتمالا تاثیر چهار رخداد دگرشکلی در منطقه مذکور را نمایان می‌سازد. دو حادثه دگر شکلی اولیه (D_1 وD_2) به شکل بقایای چینه‌ای موازی تا همشیب در مقیاس‌های میکرو تامزوسکوپی ظاهرشده اند. از آنجایکه سنگ‌های سازنده اینساختارها همگی دچار تبلور مجدد دگرگونی شده اند، بنابراین،این دو حادثه بایستی همزمان تا قبل از دگرگونی ژوراسیک و حتی قدیمی‌تر بوقوع پیوسته باشند. یک حادثه دگرشکلی خمیری پس از دگرگونی (D_3) با وسعت قابل ملاحظه‌ای اغلب سنگهای دگرگونی و پارهای سنگهای غیر دگرگونی مجاور خود را متاثرساخته است. این حادثه میلونیتی ممکن است همزمان با وقوع تکتونیک کششی در منطقه و ماگماتیسم گسترده ائوسن به وقوع پیوسته باشد. نهایتایک حادثه ترافشارشی احتمالا متاثر از برخورد صفحه عربی به پهنه‌ی سنندج-سیرجان با عوارض شکننده ای (D_4) نظیر برشها و ریزگسلها را برجا گذاشته که همزمان با رانده شدن سنگهای دگرگونی بر روی نهشته های نئوژن می باشد.

کلیدواژه :رخدادهای دگرشکلی،کمپلکس دگرگونی بلورد، پهنه‌ی سنندج-سیرجان، میلونیت

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیک: Heydarizahra1394@gmail.com

مقدمه

منطقه مورد مطالعه‌ی بلورد در جنوب غربی استان کرمان و در سی و پنج کیلومتری جنوب شهرستان سیرجان واقع شده است. منطقه مورد مطالعه شامل کمپلکس‌های زردکوه در شمال و حسین آبادسوچ در شرق بخش بلورد می‌باشد که در نقشه‌های ماهواره ای و زمین شناسی منطقه مشخص گردیده‌اند (اشکال ۱ و ۲). این دو کمپلکس در مرز تکتونیکی زون ایران مرکزی و پهنه‌ی سنندج- سیرجان واقع شده‌اند.

کمپلکس‌های مذکور در تماس مستقیم با افیولیت ملانژ دهشیر- بافت بوده و از طرف دیگر هم با رسوبات نئوژن مرز گسله دارند. سنگ‌های این دو کمپلکس دگرگونی اکثرا تحت تاثیر دگرشکلی قرار گرفته و شدیداً میلونیتی شده‌اند.

میلونیت‌ها سنگ‌هایی با سنگ‌شناسی مختلف هستند که معمولا برگوارگی و خطوارگی در آنها بخوبی گسترش یافته و شواهد قوی برای دگریختی در شرایط شکل پذیر را نشان می‌دهد. (Bell and Etheridge, 1973; Hobbs et al., 1976; White et al., 1980; Tullis et al. 1982; Hanmer and Passchier, 1991; Passchier and Trouw, 2005).

میلونیت‌ها معمولا در پهنه‌های برشی ظاهر شده و در طی فرآیندهای تبلور مجدد دینامیکی تا کریستال پلاستیک ایجاد می‌شوند. برگوارگی در میلونیت‌ها به صورت جهت‌یابی ترجیحی شکل دانه‌های پهن و میکا دیده می‌شود.برگوارگی در میلونیت‌ها به برگوارگی‌های نوار برشی S-C, S-Ć موسوماند(Passchier and Trouw, 2005).

به دلیل شاخص بودن دو نوع لیتولوژی از نوع پی سنگ دگرگون شده و مجموعه افیولیت ملانژ با مرزهای مشخص در کنار یکدیگر در منطقه مطالعاتی، تاریخچه پیچیده تکتونیکی و همچنین مشخص شدن نقش مهم وقایع تکتونیک جوان ما را بر آن داشت برای مطالعه سیستماتیک و جامع دگرشکلی در منطقه به تحلیل و تفکیک دگرشکلی و رخدادهای آن در این مجموعه‌های دگرگونی بپردازیم.

منطقه بلورد برای تحقیق و مطالعه دگرشکلی و تفکیک رخدادهای آن مناسب و با اهمیت بوده و دلایل انتخاب منطقه بلورد برای مطالعه دگرشکلی را می‌توان چنین عنوان نمود:

الف- تنوع سنگ‌شناسی که شامل مجموعه‌های دگرگون شده متفاوت و رخنمون قابل ملاحظه این سنگ‌ها در کنار افیولیت ملانژ بافت؛

ب- تنوع ساختاری از لحاظ گوناگونی زمانی، استیل، مکانیزم، عمق و نرخ کرنش؛

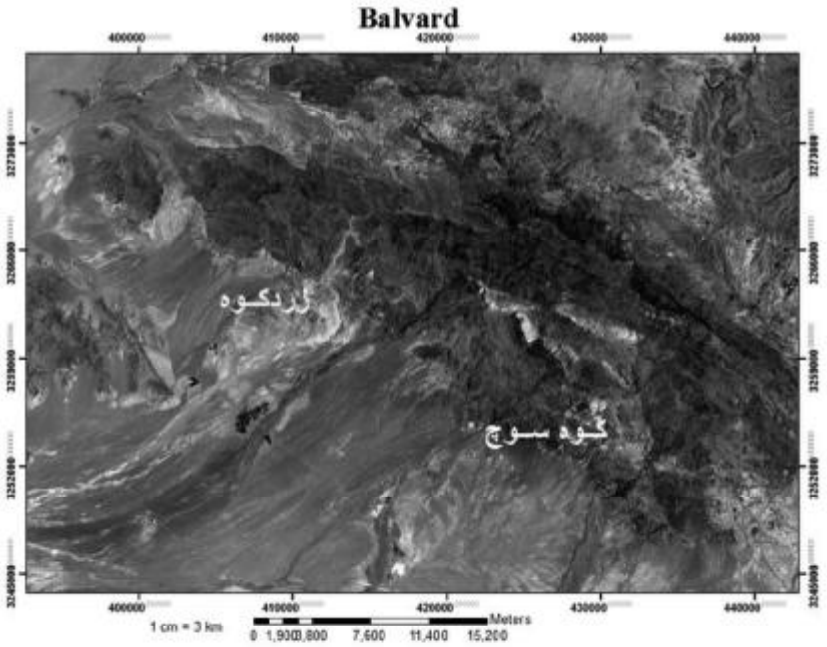
ج - موقعیت کلیدی زمین شناسی در حد فاصل چند پهنه تکتونواستراتیگرافی شاخص در جنوب ایران؛

د - وجود ساختارهایی با مقیاس‌های ماکروسکوپی، مزوسکوپی و میکروسکوپی.

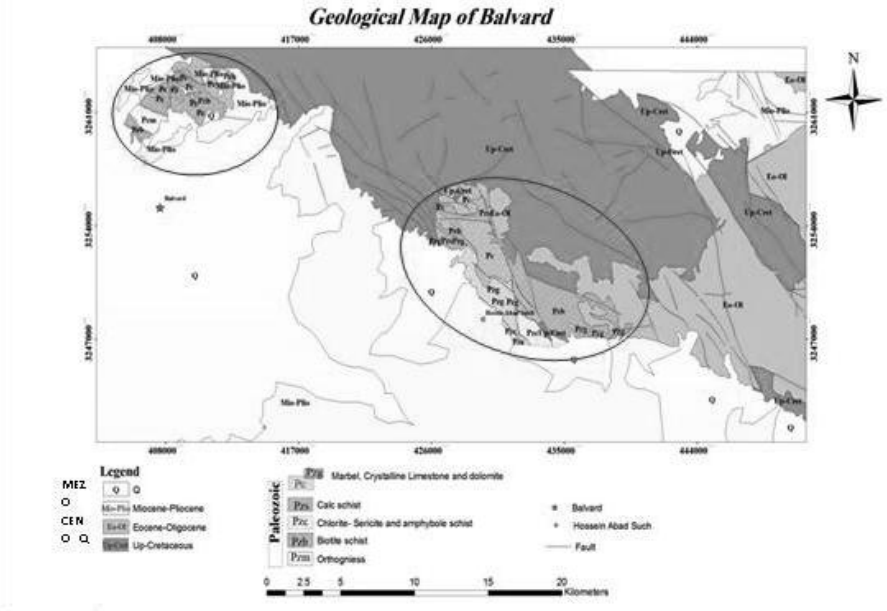
بطور کلی مناطق دگرگونی و سنگ‌های دگرشکل شده دارای ساختارهای همپوشان مکان‌هایی مناسب برای مطالعه دگرشکلی و تفکیک رخدادهای دگرشکلی است که ما در این مطالعه معیارهای ذیل را در نظر گرفته ایم(Passchier and Trouw, 2005):

- چین‌های همپوشان با سطح محوری مایل نسبت به هم بیانگر رخدادهای دگرشکلی متفاوت می‌باشند.
- مکان‌هایی که یک برگوارگی مجدداً چین خورده دارند.
- چین‌های هم شیب یا چین‌های بسته ممکن است نتیجه یک یا دو رخداد دگرشکلی باشند.
- دو برگوارگی همپوشان در زیر میکروسکوپ معمولا بیانگر دو رخداد دگرشکلی مجزا می‌باشند اما در مورد فابریک‌های مایل مخصوصا کلیواژ نوار برشی بایستی دقت بیشتری نمود.
- بودین‌های کوتاه شده در پی همپوشانی دو رخداد دگرشکلی شکل می‌گیرند.

- در منطقه‌ای که رگه‌ها و دایک‌ها به چشم می‌خورند از مقایسه برگوارگی‌ها با آنها می‌توان نتیجه گرفت بیش از یک رخداد دگرشکلی را پشت سر گذاشته‌اند.
- عدسی‌هایی که کمتر دگرشکل شده‌اند می‌توانند حاوی دگرشکلی‌های قدیمی باشند.



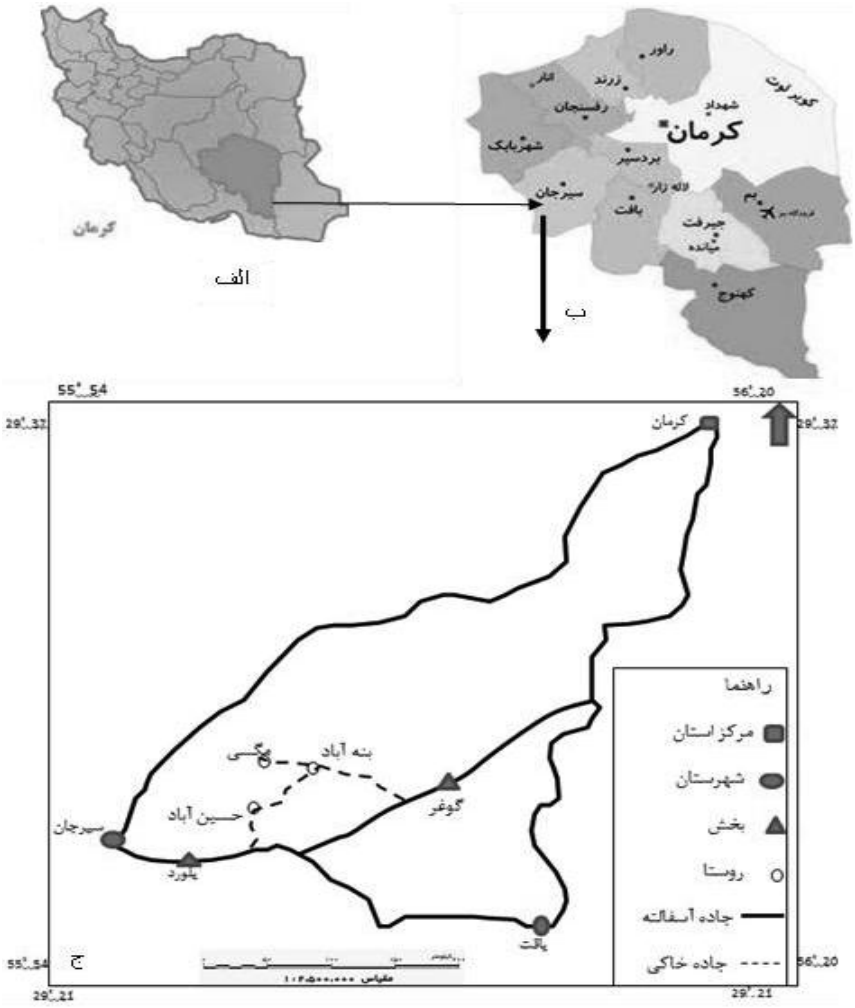
شکل۱) تصویر ماهواره ای از موقعیت دگرگونی منطقه بلورد و افیولیت ملانژ دهشیر- بافت



شکل۲) نقشه زمین‌شناسی ساده شده منطقه بلورد، جنوب شرق سیرجان با پاره‌ای تغییرات. اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ بلورد(Mijalkovic et al., 1979).منطقه زردکوه و حسین آباد سوچ در نقشه مشخص شده است.

موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه مورد مطالعه:

منطقه مورد مطالعه در جنوب غربی استان کرمان و در سی وپنج کیلومتری جنوب شهرستان سیرجان واقع شده است. این منطقه در چهارگوش نقشه‌ی بلورد بین مختصات طول شرقی تا عرض شمالی تا در پهنه‌ی سنندج- سیرجان واقع شده است. راه اصلی ارتباطی به منطقه طبق شکل (۳) جاده آسفالته سیرجان- بافت می‌باشد. راههای فرعی دیگری نیز برای دسترسی به منطقه وجود دارد که بر روی شکل مشخص شده است.



شکل۳) راه‌های دسترسی به منطقه بلورد

روش کار و چگونگی تفکیک دگرشکلی‌ها در منطقه مورد مطالعه بلورد

برای شناسایی و طبقه‌بندی سنگ‌های منطقه مورد مطالعه، در طی چند مرحله کار صحرایی در منطقه بلورد به جمع آوری تعداد شصت نمونه پرداخته‌ایم. سعی شده که در طول برش‌های زمین‌شناسی مناسبی که از قبل مشخص شده بود نمونه‌هایی سالم و غیرهوازده جمع آوری شوند. تعدادی از نمونه‌ها بسته به شرایط سنگ جهت‌دار و تعدادی بدون جهت برداشت شده‌اند. نمونه‌های مورد نظر در طی پیمایش از مسیرهای عبوری از مجموعه

دگرگونی‌های شمال و شرق بلورد که در این گزارش به ترتیب کمپلکس‌های زردکوه و حسین آباد سوچ خوانده می‌شوند، برداشت شده‌اند. در قدم اول سعی شده روابط صحرایی نمونه‌ها با سایر واحدهای سنگی به خوبی کنترل شود و سپس از این نمونه‌ها برش‌های نازک با تکیه بر جهت برش تهیه شده است. مقاطع نازک را توسط میکروسکوپ پلاریزان مطالعه و بررسی شده است. لازم به ذکر است که در این تحقیق بیشتر مطالعات ریزساختاری و پتروفابریکی مدنظر بوده است. سپس مطالعات صحرایی و میکروسکوپی خود را تلفیق نموده و به بحث و نتیجه گیری پرداخته‌ایم . اینک با توجه به جمع بندی اطلاعات میکروسکوپی و همچنین شواهد صحرایی به بحث در مورد منطقه مورد مطالعه می‌پردازیم.

بحث

بررسی شواهد دگرشکلی در کمپلکس‌های بلورد

ظهور دگرشکلی در غالب پدیده‌های شکننده و خمیری در مقیاس‌های مزوسکوپی تا میکروسکوپی در هر دو کمپلکس مذکور مشاهده شده که چندی از مهم ترین و واضح ترین آنها به قرار زیر است:

۱- چین‌ها

چین‌ها در کمپلکس های مذکور دارای تنوع زیادی از نظر مقیاس، استیل چین خوردگی، عمق و سن می‌باشند.

الف) چین‌های هم شیب[1]

این چین‌ها در بعضی سنگ‌ها از قبیل گنیس‌ها تحت شرایط دگرگونی بالا، عمق زیاد و در قلمرو دگرشکلی پلاستیکی ایجاد شده و تشکیل این چین‌ها احتمالاً همزمان با اولین وقایع دگرگونی است. مقیاس این چین‌ها در سنگ‌ها متغیر است به طوریکه از اندازه‌های میکروسکوپی تا مزوسکوپی به وضوح قابل تشخیص می‌باشند (اشکال a-۴ و a-۵).

در بعضی رخنمون‌ها جریان خمیری در سنگ‌هایی از قبیل مرمرها طی شرایط دگرگونی تا حدی بالا بوده که چین‌ها در اثر فرآیندهای فشارشی تا برشی کاملا بسته و محو گردیده وبقایای آنها به شکل عدسی بالدار ظاهر شده‌اند و یا در اثر کشیدگی زیاد حالت بودین پیدا کرده‌اند و به موازات برگوارگی در آمده‌اند (شکل b- ۴).

ب) ریزچین‌ها

ریزچین‌ها اغلب در سنگ‌های شیستی و فیلیت‌ها ظاهر گشته و دارای چندین نسل می‌باشند. این ریز چین‌ها سازنده برگوارگی‌های سطح محوری و تخطط اثری در سنگ‌های شیستی و فیلیتی بوده و آنها را می‌توان یکی از شاخص ترین و واضح ترین ساختارهای موجود در این واحدها دانست. این ریزچین‌ها در مقاطع میکروسکوپی همان برگوارگی اعوجاجی هستند که در بعضی مقاطع مشاهده شده است (شکل c-۴).

۲) برگوارگی‌ها

در منطقه مورد مطالعه انواع برگوارگی‌های دگرشکلی خمیری مشاهده می‌شود که مهم‌ترین آنها لایه‌بندی ترکیبی‌تفکیکی (گنیستوزیته)، برگوارگی برشی جوان، برگوارگی شکننده، برگوارگی اعوجاجی و برگوارگی‌های میلونیتی و نوار برشی است که در اینجا مختصرا به تعدادی از مهم‌ترین و بهترین این برگوارگی‌ها اشاره می‌شود.

الف- برگوارگی لایه بندی ترکیبی- تفکیکی

این برگوارگی مربوط به سنگ‌های گنیسی همراه با میان لایه هایی به شکل نوارهاییکه در آنها احتمالاً ترکیبات رس‌های آهن دار وجود داشته، و درون آنها بلورهای گارنت پس از دگرشکلی گسترش فراوانی پیدا کرده است، رخنمون دارد. مقدار برگوارگی لایه‌بندی ترکیبی- تفکیکی گنیسی اندازه‌گیری شده در صحرا N90E/40N(0/40)است. یک ریزگسل جوان با مشخصات N40W/83SW هم لایه حاوی گارنت را جابجا کرده است (شکل d -۴).

[1]- Isoclinal Fold

ب- برگوارگی لایه‌بندی تفکیکی و برگوارگی برشی

این برگوارگی‌های مشاهده شده مربوط به سنگ‌های گنیسی است که میانگین اندازه‌گیری‌ها برگوارگی دگرگونی گنیستوزیته با مشخصات N60W/25SW و برگوارگی برشی جوانتری با مشخصات N50E/83SE را نشان می‌دهد که برگوارگی قدیمی‌تر را قطع می‌کند. برگوارگی دگرگونی گنیستوزیته کامل‌تر، نافذتر و پیوسته‌تر بوده و این برگوارگی خود دچار چین‌خوردگی مجدد شده است؛ اما برگوارگی برشی جوان در عمق کم و در محدوده‌ی دگرشکلی شکننده رخ داده که برگوارگی غیرکامل و منفصل می‌باشد (شکل e- ۴).

ج- برگوارگی میلونیتی

برگوارگی میلونیتی به طور کلی در اکثر سنگ‌های مطالعاتی از قبیل گنیس‌ها، شیست‌ها و مرمرها قابل مشاهده بود. اما این برگوارگی میلونیتی که در شکل مشخص شده مربوط به گنیس‌های چشمی منطقه مورد مطالعه هستند که مقدار متوسط برگوارگی اندازه گیری شده به میزان N60E/50NW بوده است (شکل f -۴).

د- برگوارگی نوار برشی S-C´

جهت‌یابی یا لایه‌بندی ترکیبی توسط دسته‌های تقریبا موازی از زون‌های برشی فرعی با زاویه کوچکی قطع می‌شوند. به این زون‌های برشی فرعی نوار برشی و به ساختار آن کلیواژ نوار برشی گویند و این ساختار اغلب در سنگ‌های میلونیتی دیده می‌شوند(Passchier and Trouw, 2005).

در مقاطع نازک تهیه شده از منطقه مطالعاتی ساختار S-C´ در تعدادی از نمونه‌ها بخوبی قابل مشاهده است(شکل b -۵). احتمالاً این کلیواژ نشانگر تقسیم شدن جریان دگریختی در مواد کاملا ناهمگن پرانرژی است. اگر جریان دگریختی در یک پهنه برشی به صورت برش ساده باشند آنگاه نوار برشی نوع C´ در سنگ‌های میکادار ظاهر می‌شود. این برش در طی یک جنبش ناشی از کرنش کششی که کمی با تاخیر ظاهر می‌شود و در سنگ‌های حاوی کانی‌های ورقه‌ای فراوان است ساخته می‌شود (Passchier and Trouw, 2005).

ه- برگوارگی شکننده

برگوارگی شکننده در سنگ‌هایی که مستعد رفتار شکننده هستند، مشاهده می‌شوند.این نوع برگوارگی به صورت شکستگی‌های ممتد تا منقطع با سطوح تقریبا منظم در عمق کم ایجاد شده و به دلیل دمای کم این نوع برگوارگی اغلب در زون‌های گسله دیده می‌شود. در توده گنیسی منطقه بلورد این دسته شکستگی‌ها برگوارگی از نوع شکننده منفصل با مشخصات N70E/85SE که برگوارگی لایه‌بندی ترکیبی با مشخصات N55W/25SW را کرده ایجاد کرده‌اند. مقیاس این برگوارگی‌ها متغیر است به طوریکه از اندازه‌های مزوسکوپی تا میکروسکوپی به روشنی قابل تشخیص می‌باشند (اشکال g -۴و c-۵).

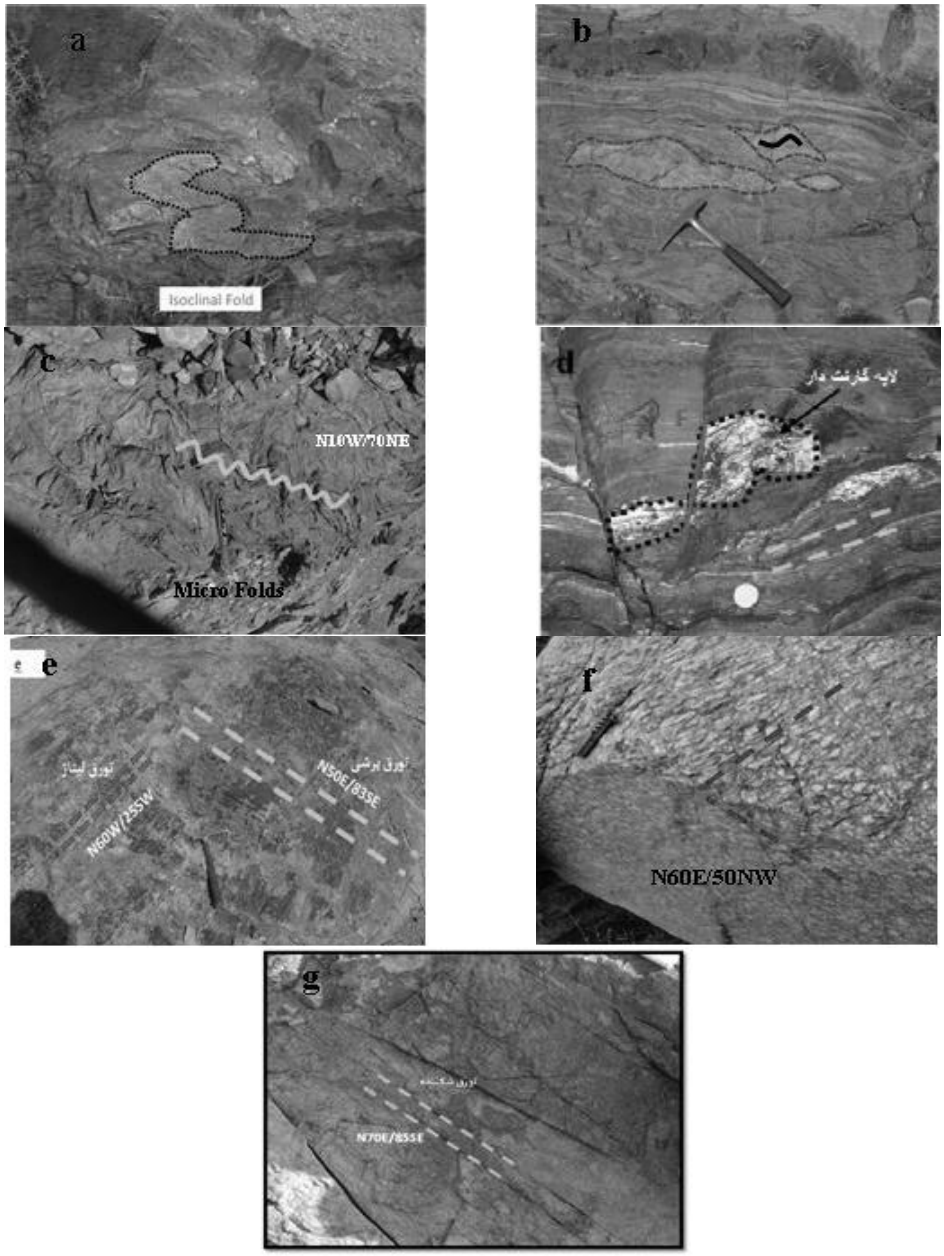
ی- برگوارگی اعوجاجی

مهم‌ترین مکانیزم‌ها برای تشکیل رخ مذکور انتقال انحلالی، چرخش، تبلور مجدد و رشد دانه‌ها می‌باشد و در طی شرایط دمای بالا و دگرشکلی پیشرونده ایجاد می‌شود. مراحل تشکیل آن را می‌توان چنین عنوان نمود: در ابتدا شیستوزیته اولیه S_1 حاصل جهت‌یابی ترجیحی میکا و کوارتز ایجاد می‌شود، سپس کلیواژ اعوجاجی S_2 به صورت ریزچین ایجاد شده و این اعوجاج و ریزچین‌ها به دلیل انحلال فشاری به همراه چرخش غیرفعال دانه‌های میکا و کوارتز توسط انتقال انحلالی از یال‌های ریزچین به سمت لولا حرکت می‌کنند. دانه‌های میکا در طول یال‌های ریزچین متمرکز می‌شوند (Williams,1972) و مناظر تیره رنگی از مواد غیر قابل حل در طول قلمروهای میکا ظاهر می‌سازد.درنتیجه یک فابریک منطقه‌ای بوسیله تناوب کوارتز و میکا ایجاد می‌شود. این نمونه دارای برگوارگی اعوجاجی می‌باشد که نشانگر سه عنصر دگرشکلی همپوشان می‌باشد:

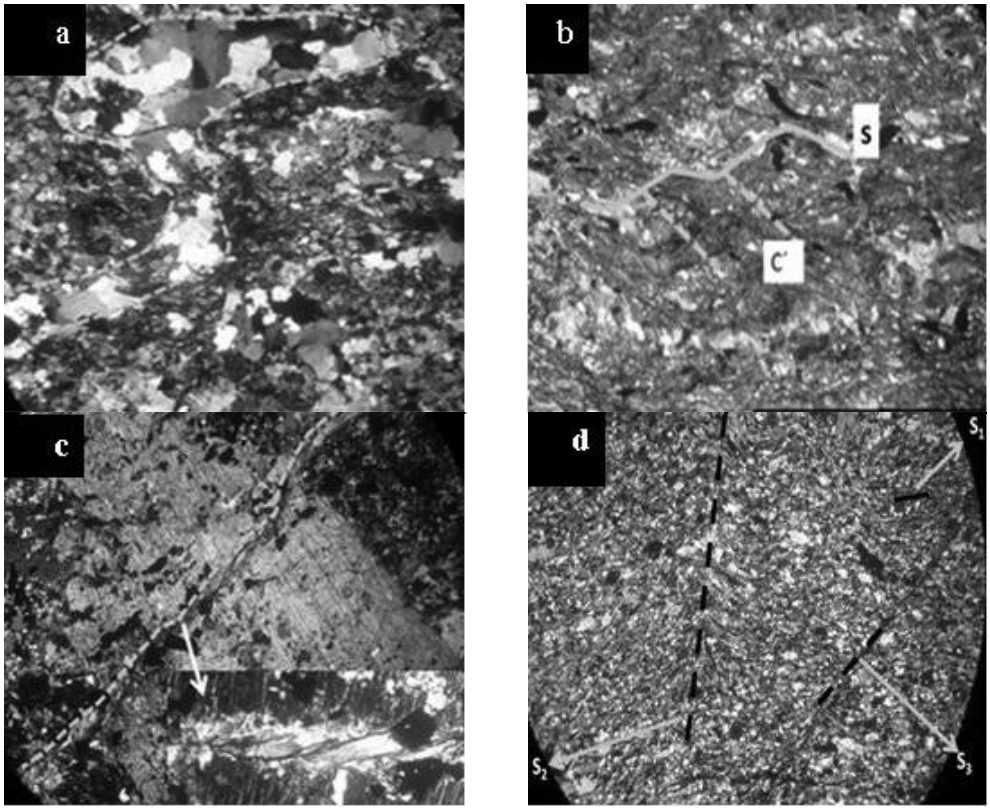
۱- جهت‌یابی ترجیحی همزمان با دگرگونی میکا و کوارتز

۲- ریزچین‌های ایجاد شده در جهت یابی اولیه

۳- برگوارگی برشی که ریزچین‌ها را قطع می‌کند. البته این احتمال که شواهد رخدادهای دوم و سوم همزمان در یک رخداد باشند وجود دارد (شکل d-۵).



شکل۴a)-تصویر مزوسکوپی چین هم شیب که دارای سطح محوری NW/70SW در گنیس‌هاست. b)عدسی‌های بالدار موجود در مرمرها که بقایای چین‌های هم شیب را در این سنگ‌ها نشان می‌دهد که چین‌ها کاملا بسته و بودین شده‌اند. c)نمایی از ریزچین‌ها با برگوارگیN10W/70NEدر فیلیت‌ها.d)برگوارگی لایه‌بندی‌ترکیبی-تفکیکی حاوی پورفیروبلاست‌های گارنتکه توسط ریز گسل جابه جا شده‌اند. e)برگوارگی گنیستوزیته با مشخصات N60W/25SWو برگوارگی برشیN50E/83SE همدیگر را قطع می‌کنندf). تصویر میدانی از گنیس‌های چشمی که نشان دهنده برگوارگی میلونیتی است.g)تصویر برگوارگی شکننده با مشخصات N70E/85SE.



شکل۵- a) تصویر میکروسکوپی از چین‌های هم شیب در رگه‌های سیلیسی هم زمان با دگرگونی در نمونه گنیس کوارتز فلدسپاتیک ، نور XPL (40x).b)تصویر میکروسکوپی برگوارگی نوار برشی S-C´در نمونه کالک شیست، نورXPL (40x). c) تصویر میکروسکوپی برگوارگی شکننده در نمونه کالک شیست که کانی‌های کلسیت در محل برگوارگی شکنننده کانی‌های دیگر را قطع کرده‌اند، نور PPL (40x).

d) تصویر میکروسکوپی از برگوارگی دارای منطقه‌بندی یا زونال و سه برگوارگی موجود در نمونه گنیسی،نور XPL (40x).

تفکیک رخدادهای دگرشکلی منطقه بلورد

در منطقه مورد مطالعه عناصر فابریکی مربوط به رخدادهای دگرشکلی مختلفی در مقیاس‌های متفاوت میکرو ، مزو و ماکرو دیده می‌شوند که مطالعات مربوط به تقدم و تاخر این رخدادهای دگرشکلی در تمامی مقاطع تهیه شده اعم از جهت‌دار و بدون جهت صورت گرفته است.

با توجه به شواهد و عناصر ساختاری مشاهده شده و ذکر نمونه‌هایی از آنها در مطالب بالا به نتیجه گیری و تفکیک رخدادهای زمین‌ساختی اثر گذاشته بر مجموعه‌های دگرگونی زردکوه و حسین آباد سوچ پرداخته می‌شود. سپس از روی ساختارهای همپوشان دگرشکلی ذکر شده در مقدمه هم اکنون می‌توان این رخدادها را با در نظر گرفتن معیارهای ذکرشده و با احتیاط با یکدیگر منطبق ساخته و مهم‌ترین رخدادهای منطقه را استخراج نمود:

الف- رخدادD_1وD_2: این رخدادهای دگرشکلی مربوط به برگوارگی‌های چین خورده قدیمی به شکل چین‌های هم شیب تا بسته بوده‌اند که هم اکنون به صورت اثر چین‌های محو شده[1]درون سنگ‌های گنیس زردکوه و شیست‌های کمپلکس حسین آباد سوچ تبلور مجدد یافته و باقی مانده است. خود این قوس‌های چندوجهی حاکی از دو واقعه دگرشکلی قدیمی است که اثر آن

[1]- Polygonal arcs or ghost folds

صرفا در پاره‌ای از نمونه‌ها باقی مانده است. این بدین مفهوم است که رخداد اول و دوم را با هم نشان می‌دهند. رخداد اول برگوارگی اولیه دگرگونی و رخداد دوم چین خوردگی مربوط به برگوارگی اولیه را نشان می‌دهد. این رخداد در کمپلکس زردکوه بلورد تنها در معدود نمونه‌هایی از جمله در نمونه گنیس کوارتز فلدسپاتیک و در کمپلکس حسین آباد سوچ در نمونه‌های موسکویت شیست، گارنت شیست و گارنت میکاشیست مشاهده می‌شود.

ب-رخدادD_3: سومین رخداد که مهم ترین رخداد دگرشکلی در منطقه مطالعاتی محسوب می‌شود، مربوط به تغییر شکل خمیری از نوع برگوارگی میلونیتی است که به صورت برگوارگی نوار برشی S-C و S-Ć در اکثر سنگ‌های منطقه دیده می‌شود. فرآیند میلونیتی شدن تقریبا همه کمپلکس‌های دگرگونی را تحت تاثیر قرار داده به طوریکه سنگ‌های منطقه دانه ریز شده و از نظر بافتی و کانی‌شناسی مبرگوارگی و کشیده شده‌اند.

ج- رخدادD_4: این رخداد برگوارگی شکننده جوانی است که رخداد سوم یا تغییر شکل خمیری میلونیتی را قطع کرده است و به صورت برشی در منطقه می‌باشد.

این رخدادهای دگرشکلی را بر اساس ترتیب زمانی از قدیم به جدید و در مقایسه با وقایع دگرگونی به دو دسته زیر تقسیم نموده‌ایم:

۱- رخدادهای قبل تا همزمان با وقایع دگرگونی(تکتونیک قدیمی)

• آثار قدیمی‌ترین رخدادهای دگرشکلی در این مناطق به دلیل دگرشکلی با درجه زیاد فازهای جوان‌تر در سنگ‌ها از بین رفته و زیاد قابل تشخیص نیستند. فقط تنها آثار به جای مانده از آن چین‌هایی با قوس چند وجهی می‌باشند که خود نشان دهنده رخداد اول و دوم دگرشکلی می‌باشند و به عنوان دو رخداد جداگانه بایستی در نظر گرفته شوند. این ساختارهای همپوشان که ممکن است به شکل یک برگوارگی اعوجاجی بوده باشد در طی فراهم آمدن شرایط اوج رخداد دگرگونی دچار تبلور مجدد گشته است.

۲- رخدادهای بعد از وقایع دگرگونی

رخدادهای این مجموعه بعد از وقایع دگرگونی رخ داده است:

• تشکیل برگوارگی میلونیتی که این برگوارگی تمامی کانی‌های دگرگونی و برگوارگی دگرگونی مربوط به شرایط اولیه دگرگونی را قطع نموده است هرچند در پاره‌ای موارد تبلور مجدد ایستا برخی از این شواهد را محو نموده است.

• برگوارگی برشی دگرشکلی شکننده جوانی به شکل نافذ اما منفصل بوده است که برگوارگی میلونیتی را قطع کرده و یا آن را تا حدودی چین داده است.

نتیجه گیری

حداقل چهار رخداد دگرشکلی کمپلکس‌های دگرگونی منطقه بلورد را تحت تاثیر قرار داده است. رخداد D_1و D_2 عمدتاً به شکل یک برگوارگی شدیدا چین‌خورده دگرگون شده در بخش‌هایی از سنگ‌های دگرگونی درجه بالاتر محفوظ مانده‌اند. رخداد D_3 که با گسترش دگرشکلی خمیری به شکل برگوارگی میلونیتی در اغلب سنگ‌های منطقه گسترش داشته با تبلور مجدد دینامیکی گسترده‌ای اغلب کانی‌های متعلق به قله دگرگونی را متاثر ساخته است. در بیشتر مناطق تحت پوشش این دگرشکلی نوع برش حاکم بر این دگرشکلی احتمالاً برش چپ‌لغز توام با گسلش نرمال بوده است ؛ که این حادثه میلونیتی ممکن است همزمان با وقوع تکتونیک کششی در منطقه و ماگماتیسم گسترده ائوسن به وقوع پیوسته باشد. رخداد D_4نوعی برگوارگی منفصل شکننده بوده که هم منشا با گسلش امتدادلغز شمال- جنوبی راست‌بر در منطقه می‌باشدکه اینحادثه ترافشارشی احتمالا همزمان با برخورد صفحه عربی و پهنه‌ی سنندج- سیرجان عوارض شکننده نظیر

برش‌ها و ریزگسل‌ها را برجا گذاشته است که احتمالا همزمان با رانده شدن سنگ‌های دگرگونی بر روی نهشته‌های نئوژن می‌باشد.

تشکر و قدر دانی

در پایان بر خود لازم میدانم اززحمات استاد فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر علی احمدی به عنوان استاد مشاور و همچنین دوست بزرگوار، خانم فاطمه منصوری که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داده اند و از هیچ گونه کمکی دریغ نکرده‌اند، نهایت تشکر و قدردانی را کنم.

منابع

- Bell T.H., Etheridge M.A., 1973. Microstructure of mylonites and their descriptive terminology, Lithos 6:337–348.
- Hobbs, B.E., Means, W.D., Williams, P.F., 1976. An outline of structural geology, Wiley, New York.
- Hanmer, S., Passchier, C.W., 1991. Shear sense indicators: a review, GeolSurv Can Pap 90:1–71.
- Mijalkovic, N., Cvetic, S., Dimitrivic, M. D., Cucukan, M. R. and Halaviati, J., 1979. Geological quadrangle map of Balvard, Scale: 1:100,000 sheet 7248, Geological Survey of Iran, Tehran.
- Passchier C.W., Trouw R.A.J., 2005. Microtectonics., Springer Verlag. Second edition, p.366.
- Tullis, J.T., Snoke, A.W., Todd, V.R., 1982. Significance of petrogenesis of mylonitic rocks, Geology 10:227–230.
- Williams, P.F., 1972.Development of metamorphic layering and cleavage in low grade metamorphic rocks at Bermagui, Australia. AmericaJornal Science 272,P. 1–47.
- White, S.H., Burrows, S.E., Carreras, J., Shaw, N.D., Humphreys, F.J., 1980. On mylonites in ductile shear zones, J StructGeol 2:175–187.

Tectonics
Vol:3, Nov 2015
27–37

Birjand University

Deformational phases in the Balvard metamorphic complexes, southeast of the Sanandaj-Sirjan Zone

Zahra Heydari[*1]/ Sasan Baghri[2]

1.M.Sc. in Petrology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
2.Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

Abstract
At the northeastern margin of the southern part of the Sanandaj-Sirjan Zone (SSZ), northeast of Sirjan, two metamorphic assemblages belong to the SSZ's basement exposed. The first complex is ZardKuh and the next is Hossein Abad-e-Souch which is situated in the north and east of the city of Balvard, respectively. The two metamorphic complexes underwent the greenschist and amphibolite facies, juxtaposed few different tectonic units such as the Dehshir-Baftophiolitic mélange and the Sardooieh volcanic assemblage, and were thrusted over the Neogene deposits. These complexes have preserved the deformational history of the region much better than the other tectonic units. Field studies accompanied by oriented sampling as well as micro-tectonic investigations provide us the role of four deformational phases in the tectonic evolution of the studied area. The first two phase of the D_1 and D_2 are characterized by the remnants of micro- to meso-scale isoclinal folds. Inasmuch as the whole of the metamorphic rocks were recrystallized, therefore, both of these deformational phases must be happened before or at same time as the Jurassic or older metamorphic event/s. A widespread, post-metamorphic, plastic deformational phase (D_3) was occurred in the entire metamorphic rocks and part of the non-metamorphic rocks of the region. This mylonitic process of rocks may be originated in an extensional tectonic event and associated Eocene magmatism. Subsequently, another transpressional tectonic regime linked to the Arabian-Eurasian collision was the main responsible of the brittle fractures and micro-faults in the complexes; this could be synchronous with the thrusting of the metamorphic rocks onto the Neogene sediments.

Key words: Deformation phases, Balvard metamorphic complex, Sanandaj-Sirjan Zone, Mylonite.

*. Correspondent author Email: Heydarizahra1394@gmail.com