

دانشگاه تهران

دانشکده علوم طبیعی

گروه زمین‌شناسی

پایان‌نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در رشته زمین‌شناسی گرایش پترولوژی

عنوان

بررسی پترولوژی و پتروگرافی منطقه آتشفشانی شمال روستای قواق عمولر،

جنوب شرق میانه (شمال غرب ایران)

استادان راهنما

دکتر علی عامری

دکتر محسن مؤید

استادان مشاور

دکتر احمد جهانگیری

دکتر نصیر عامل

۱۳۸۹/۸/۱۰  
موسسه زمین‌شناسی  
تهران

بژوهشگر

امین اله کمالی

شهریور ۱۳۸۹

۱۴۴۹۲۹

۲۰۲۲۸۴۴

تقدیم به:

پدر و مادر بزرگوارم  
خواهران و برادران عزیزم

همسر مهربانم

و

دوستان عزیزم

## تقدیر و تشکر

بی شک به انجام رسیدن رساله حاضر بدون مساعدت و همکاری اساتید ارجمند و دوستان عزیز امکان پذیر نبوده است. لذا وظیفه خود می دانم که مراتب سپاس و قدردانی خود را به تمامی این عزیزان ابراز نمایم.

از اساتید راهنمای گرامی و ارجمندم، جناب آقایان دکتر علی عامری و دکتر محسن مؤید به دلیل راهنمایی های ارزنده علمی در تمامی مراحل انجام این پایان نامه سپاسگزارم. از اساتید مشاور جناب آقایان دکتر احمد جهانگیری و دکتر نصیر عامل به خاطر راهنمایی ها و مساعدت های صمیمانه شان نهایت تشکر را دارم. از خانم دکتر حاج علی اوغلی که زحمت داوری این رساله را قبول کردند نهایت قدردانی را داشته و از دیگر اساتید بزرگوار گروه زمین شناسی دانشگاه تبریز آقایان دکتر مؤذن و دکتر کلاگری و مدیریت محترم گروه جناب آقای دکتر اصغری مقدم نهایت سپاسگزاری را دارم.

از تمامی کارمندان محترم دانشکده علوم طبیعی به ویژه آقایان جعفرپور، جهانیار، مسیبزاده، اکبرپور و خانمها سمساری، اجلالی، علیزاده به خاطر مساعدت های شان سپاسگزارم. در این میان نمی توان لطف و محبت دوستان را که در تمامی مراحل اینجانب را یاری و کمک نموده اند فراموش نمود، امید است این دوستان، سپاس و تشکر قلبی اینجانب را پذیرا باشند. در نهایت از خانواده بزرگوار و گرامیم پدر دلسوز، مادر مهربان، خواهران، برادرانم و خانواده های محترمشان و همسر مهربانم بخاطر همراهیشان تشکر می کنم.

نام خانوادگی: کمالی	نام: امین اله
عنوان پایان نامه: بررسی پترولوژی و پتروگرافی منطقه آتشفشانی شمال روستای قواق عمولر جنوب شرق میانه شمال غرب ایران	
استاد راهنما: دکتر علی عامری ، دکتر محسن موید اساتید مشاور: دکتر احمد جهانگیری، دکتر نصیر عامل	
مقطع تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: زمین شناسی
دانشکده: علوم طبیعی	تاریخ فارغ التحصیلی: شهریور ۸۹
تعداد صفحه: ۸۸	
کلید واژه‌ها: آندزیت بازالتی، ریولیت، کالک-آلکانل-متآلومینوس، فرورانش، میانه	
<b>چکیده</b>	
<p>سنگ‌های آتشفشانی مورد مطالعه با مختصات جغرافیایی طول شرقی ۳۰' و ۴۷° تا ۴۸° و عرض شمالی ۳۷° تا ۳۰' و ۳۷° در شمال باختری ایران قرار دارند. سن این سنگ‌ها ائوسن، الیگوسن بوده و دارای ترکیب سنگ شناسی متنوعی می‌باشند. سنگ‌های آتشفشانی محدوده مورد مطالعه در جنوب شرق میانه از لحاظ کانی شناسی شامل پلاژیوکلاز، پیروکسن، سانیدین، الیون، هورنبلند و بافت‌های پورفیری و میکرولیتیک پورفیری را نشان می‌دهند. در این سنگ‌ها پلاژیوکلازها بافت غربالی و زونینگ عادی نشان می‌دهند. کانی‌های الیون دگرسان شده و آثار بافت گلمروپورفیریک در آنها دیده می‌شود و هورنبلندها نیز حاشیه سوخته دارند. این سنگ‌ها عمدتاً در محدوده آندزیت بازالتی با ویژگی کالک-آلکانل با پتاسیم کم و متآلومینیوم قرار می‌گیرند. غنی شدگی LREE نسبت به HREE، غنی شدگی Sr، تهی شدگی Ti, Nb, Y, Zr, Pr, P, Rb (HFSE) و غنی شدگی از K از ویژگی‌های این سنگ‌ها می‌باشد. آنومالی‌های منفی Ti, Ta و Nb (TNT) در این نمونه‌ها مشابه ویژگی‌های مناطق فرورانشی می‌باشد. این سنگ‌ها ویژگی‌های ترکیبی مشابه با مذاب‌های مشتق شده از گوشه غنی شده با حدود ۱ تا ۵ درصد ذوب بخشی با منشا گارنت لرزولیت را نشان می‌دهند. تغییرات نسبت Rb/Sr و Nb/Th در این سنگ‌ها شاخصی از احتمال وجود فاز فلوگوپیت در منشا می‌باشد. از طرفی نسبت‌های K/P (برابر ۶۵ تا ۴۳) و La/Nb (برابر ۱/۷ تا ۲/۶۸) شاخصی از وجود آرایش در این سنگ‌ها توسط سنگ‌های پوسته‌ای می‌باشد. از نظر محیط تکتونیکی تشکیل، این سنگ‌ها در محدوده کمان ماگمایی و حاشیه فعال قاره قرار می‌گیرند و می‌توان تشکیل آنها را به ذوب بخشی پوسته فرورونده با منشا گارنت لرزولیت دارای کمی کانی‌های آبدار در کمان حاشیه فعال قاره نسبت داد.</p>	

## فهرست مطالب

## فصل اول: بررسی منابع

۲	۱-۱ آندزیتها .....
۲	۱-۱-۱ منشاء آندزیتها .....
۲	۲-۱-۱ منشاء اولیه برای آندزیتها .....
۴	۲-۱ سریهای ماگمایی .....
۵	۱-۲-۱ ماگماهای سری کالک-آلکالن .....
۷	۳-۱ فعالیتهای ماگمایی رخ داده در طول فرایند کوهزایی .....
۷	۱-۳-۱ زلز ماگمایی در قوسهای فرورانشی .....
۹	۲-۳-۱ زلز ماگمایی در قوسهای بعد از تصادم .....

## فصل دوم: مواد و روش ها

۱۲	۱-۲ موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه .....
۱۳	۲-۲ روش کار و سیر .....
۱۳	۱-۲-۲ کارهای کتابخانه‌ای .....
۱۴	۲-۲-۲ مطالعات صحرایی .....
۱۴	۳-۲-۲ مطالعات آزمایشگاهی .....
۱۴	۴-۲-۲ مطالعات نهایی و نگارش پایان نامه .....
۱۵	۳-۲ پیشینه پژوهشی .....

## فصل سوم: بحث و نتیجه گیری

۱۷	۱-۳ ماگماتیسیم ترشیری در ایران .....
۱۷	۱-۱-۳ مقدمه .....
۱۷	۲-۱-۳ آتشفشانی پالئوسن .....
۱۸	۳-۱-۳ آتشفشانی ائوسن - الیگوسن .....
۱۹	۴-۱-۳ آتشفشانی الیگوسن .....
۱۹	۲-۳ زمین شناسی عمومی و تکتونیک آذربایجان .....
۲۰	۳-۳ موقعیت منطقه مورد مطالعه در تقسیم بندی زمین شناسی ایران .....
۲۳	۴-۳ زمین شناسی منطقه مورد مطالعه .....
۲۶	۵-۳ پتروگرافی سنگهای آتشفشانی .....
۲۶	۱-۵-۳ آندزیت بازالتی .....
۲۶	۱-۱-۵-۳ ویژگیهای ماکروسکوپی: .....
۲۷	۲-۱-۵-۳ ویژگیهای میکروسکوپی .....
۲۷	۱-۲-۱-۵-۳ کانیهای اصلی .....
۲۹	۲-۲-۱-۵-۳ کانیهای فرعی .....
۲۹	۳-۲-۱-۵-۳ کانیهای ثانویه .....

۲۹	..... ۵-۲-۱-۵-۳ بافت
۳۰	..... ۲-۵-۳ ریولیت ها
۳۰	..... ۱-۲-۵-۳ اویژگیهای ماکروسکوپی
۳۱	..... ۲-۲-۵-۳ ویژگیهای میکروسکوپی
۳۱	..... ۱-۲-۲-۵-۳ کانیهای اصلی
۳۱	..... ۲-۲-۲-۵-۳ کانیهای فرعی
۳۲	..... ۳-۲-۲-۵-۳ کانیهای ثانویه
۳۲	..... ۴-۲-۲-۵-۳ بافت
۳۳	..... ۳-۵-۳ نتیجه گیری
۳۴	..... ۶-۳ ژئوشیمی
۳۷	..... ۱-۶-۳ نامگذاری سنگهای آتشفشانی منطقه بر مبنای ترکیب شیمیایی
۳۸	..... ۱-۱-۶-۳ روش TAS
۴۰	..... ۲-۱-۶-۳ دیاگرام $R_1-R_2$ (Dela Roche et al., 1980)
۴۱	..... ۳-۱-۶-۳ نامگذاری بر اساس عناصر فرعی
۴۲	..... ۴-۱-۶-۳ اندیس آلومینیم و پتاسیم سنگهای منطقه
۴۲	..... ۱-۴-۱-۶-۳ اندیس آلومینیم
۴۳	..... ۲-۴-۱-۶-۳ اندیس پتاسیم
۴۶	..... ۷-۳ تعیین سری ماگمایی
۴۷	..... ۸-۳ ژئوشیمی عناصر اصلی
۵۰	..... ۹-۳ الگوی چند عنصری (نمودار عنکبوتی)
۵۵	..... ۱۰-۳ پتروژنر سنگهای منطقه
۶۴	..... ۱۱-۳ ژئودینامیسم منطقه مورد مطالعه
۷۱	..... ۱-۱۱-۳ مدل ژئو دینامیکی ماگماتیسیم کرتاسه واوسن در البرز غربی - آذربایجان
۷۶	..... ۱۲-۳ نتیجه گیری
۷۹	..... منابع

## فهرست شکل‌ها

- ۸..... (شکل ۱-۱)، طرح شماتیک از موقعیت تکتونیکی فرورانش (Peacock, 1993)
- ۱۲..... (شکل ۱-۲) نقشه راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه.
- ۱۳..... (شکل ۲-۲) نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.
- ۲۲..... (شکل ۱-۳) تقسیم بندی زونهای ساختمانی و رسوبی ایران (Stocklin, 1968).
- ۲۲..... (شکل ۲-۳) واحدهای ساختمانی- رسوبی ایران نوی (۱۳۵۵).
- ۲۴..... (شکل ۳-۳: a) نمایی از آگلومراهای.....
- ۲۵..... (شکل ۴-۳) A- آینه گسلی.....
- ۲۶..... (شکل ۵-۳) a) نمونه ای از فونوکریست‌های پلازیوکلاز.....
- ۲۸..... (شکل ۶-۳: a) ماکل پلی سنتتیک و زونینگ در پلازیوکلاز.....
- ۳۰..... (شکل ۷-۳: a) نمونه از کلبو پیروکسن.....
- ۳۱..... (شکل ۸-۳: a) نمونه دستی ریولیت که در آن هورنبلند.....
- ۳۳..... (شکل ۹-۳: a) سانیدین، هورنبلند اپاسیته شده.....
- ۳۶..... (شکل ۱۰-۳) دیاگرام سیلیس در مقابل مجموع آلکالی جهت تصحیح مقادیر آهن (Lemaitre, 1976b).
- ۳۹..... (شکل ۱۱-۳) طبقه بندی سنگ‌های مورد مطالعه با استفاده از نمودار (Cox et al, 1979).
- ۳۹..... (شکل ۱۲-۳) طبقه بندی سنگ‌های آذرین با استفاده از نمودار (Le Bas et al, 1986).
- ۴۰..... (شکل ۱۳-۳) طبقه بندی سنگ‌های آذرین با استفاده از نمودار (Middlemost, 1994).
- ۴۱..... (شکل ۱۴-۳) طبقه بندی سنگ‌های منطقه مورد مطالعه در نمودار R1-R2 (De la Roche et al, 1980).
- ۴۲..... (شکل ۱۵-۳) نمودار  $SiO_2 - Zr/TiO_2$  (Winchester and Floyd, 1977).
- ۴۳..... (شکل ۱۶-۳) نمودار نسبت مولی A/CNK به A/NK موقیت سنگ‌های آذرین منطقه مورد مطالعه در آن (Shand., 1943).
- ۴۴..... (شکل ۱۷-۳) نمودار نسبت کاتیون ها به منظور تعیین اندیس آلومینیم.....
- ۴۴..... (شکل ۱۸-۳) نمودار نسبت کاتیون ها به منظور تعیین اندیس آلومینیم سنگ‌های آذرین.....
- ۴۵..... (شکل ۱۹-۳) نمودار تعیین اندیس پتاسیم سنگ‌های آذرین (Peccerillo and Taylor, 1976).
- ۴۵..... (شکل ۲۰-۳) نمودار تعیین اندیس پتاسیم سنگ‌های آذرین (Hastie, et al., 2007).
- ۴۶..... (شکل ۲۱-۳) نمودار تغییرات  $K_2O - Na_2O$  (Middlemost, 1972).
- ۴۷..... (شکل ۲۲-۳) تعیین سری ماگمایی با استفاده از نمودار  $Nb/Y$  در مقابل  $SiO_2$  (Winchester and Floyd, 1977).
- ۴۷..... (شکل ۲۳-۳) نمودار تعیین سری ماگمایی  $Th/Yb - Ta/Yb$  (Pearce, 1982).
- ۴۹..... (شکل ۲۴-۳) نمودارهای تغییرات عناصر اصلی در مقابل مقدار سیلیس برای نمونه های ولکانیکی منطقه.
- ۵۰..... (شکل ۲۵-۳) نمودارهای تغییرات عناصر فرعی در مقابل مقدار سیلیس برای نمونه های ولکانیکی منطقه.
- ۵۳..... (شکل ۲۶-۳) نمودار عنکبوتی سنگ‌های منطقه- نرمالیز شده نسبت به گوشته اولیه (Wood, D.A. et al., 1979).
- ۵۳..... (شکل ۲۷-۳) نمودار عنکبوتی سنگ‌های منطقه- نرمالیز شده نسبت به کندریت (Sun & McDonough, 1989).
- ۵۴..... (شکل ۲۸-۳) نمودار عنکبوتی سنگ‌های منطقه- نرمالیز شده نسبت به MORB (Sun & McDonough, 1989).
- ۵۷..... (شکل ۲۹-۳) نمودار  $Nb/Y$  در برابر  $Rb/Y$  (Pearce, 1983).
- ۵۸..... (شکل ۳۰-۳) نمودار  $Rb/Zr$  در مقابل  $K_2O/Na_2O$ .
- ۵۹..... (شکل ۳۱-۳) نمودار  $Ta/Yb$  در برابر  $Th/Yb$  (Pearce, 1983).

- شکل ۳-۳۲) نمودار La/Sm در برابر Sm/Yb به منظور محاسبه میزان ذوب بخشی (Aldonmaz et al. 2000) ..... ۶۱
- شکل ۳-۳۳) محاسبه میزان در صد ذوب بخشی ( a, b اقتباس از Aldonmaz et al. 2000 و Aldonmaz et al. 2006) ..... ۶۱
- شکل ۳-۳۴) Ba/Rb در برابر Rb/Sr برای تشخیص حضور آمفیبول یا فلوگوپیت در منشا (Furman and Graham, 1999) ..... ۶۳
- شکل ۳-۳۵) نمودار Rb/Sr در مقابل Nb/Th (Furman and Graham, 1999) ..... ۶۳
- شکل ۳-۳۶) نمودار لگاریتمی M/Yb در برابر Nb/Yb ..... ۶۵
- شکل ۳-۳۷) نمودار لگاریتمی M/Yb در برابر Nb/Yb در این نمودارها M ..... ۶۶
- شکل ۳-۳۸) نمودار تعیین محیط تکنونیک (Muller & Groves (1997) ..... ۶۹
- شکل ۳-۳۹) نمودار متمایز کننده انواع قوس‌های آتشفشانی (Pearce & Norry, 1979) ..... ۶۹
- شکل ۳-۴۰) نمودار متمایز کننده انواع قوس‌های آتشفشانی (Pearce & Norry, 1979) ..... ۷۰
- شکل ۳-۴۱) نمودار متمایز کننده محیط‌های تکنونیک (Schandle & Gorton, 2002) نمودار ..... ۷۰
- شکل ۳-۴۲) مراحل تحول ثوتیس در بخش شمال غربی آد، (مویلد، ۱۳۸۰) ..... ۷۵

### فهرست جداول

- جدول ۳-۱) تجزیه عناصر اصلی سنگ‌های آتشفشانی قواق عمولر به روش ICP-MS ..... ۳۶
- جدول ۳-۲) تجزیه عناصر کمیاب سنگ‌های آتشفشانی قواق عمولر به روش ICP-MS ..... ۳۷
- جدول ۳-۳) ضرایب همبستگی عناصر اصلی و فرعی ..... ۴۹
- جدول ۳-۴) نسبت‌های استفاده شده در متن ..... ۵۹



فصل اول

بررسی منابع

## ۱-۱ آندزیتها

(Von Buch, 1835) نام آندزیت را برای توصیف گروهی از سنگها که در آندهای بولیوی و شیلی و همچنین شبه جزیره کامچاتکا در شوروی یافت می‌شد به کار برد. او به این ترتیب می‌خواست این سنگها را از سنگهای تراکینی اروپا جدا سازد، ولی متأسفانه تعریف او دقیق نبود، وی آندزیتها را سنگهایی می‌دانست که از آل‌بیت و مقدار کمی هورنبلند تشکیل شده‌اند. مطالعه‌ی چگونگی استفاده از نام آندزیت در گذشته، نشانه آن است که این نام برای توصیف سنگهای آتشفشانی مختلف با ترکیب حدواسط به کرات استفاده شده است (Baker, 1982). مقدار  $\text{SiO}_2$  آندزیتها بین بازالت و داسیت در نوسان است.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  این سنگها نسبتاً بالا (X= 17%) و  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$  آنها در حد متوسط (X= 5%) می‌باشد. گدازه‌های آندزیتی دارای بافتهای پورفیری یا ویتروفیریک بوده، فنوکریستها لاقط بخشی از تاریخ تکامل سنگ را نمایان می‌سازند. ضریب رنگینی (M) این سنگها بین ۲۰ تا ۴۰ متغیر است. کانیهای اصلی و عادی این سنگها پلاژیوکلاز و پیروکسن بوده و فراوانترین فنوکریست آن پلاژیوکلاز می‌باشد. فراوانی پلاژیوکلاز حاکی از آن است که در هنگام فوران ماگمای آندزیتی، پلاژیوکلاز فز لیکیدوس ماگما می‌باشد (Middlemost, 1987).

## ۱-۱-۱ منشاء آندزیتها

عقاید موجود درباره ژنز آندزیت را کلاً می‌توان به دو دسته تقسیم کرد. یک گروه از محققین به اولیه بودن و گروهی دیگر به ثانویه بودن ماگماهای آندزیتی عقیده دارند. پیش از این چنین فکر می‌کردند که آندزیتها ماگماهای ثانویه هستند. و از تفریق یا آلایش ماگمای بازالتی مشتق شده‌اند. این فرضیه‌ها هنوز طرفداران زیادی دارد. اما تجارب آزمایشگاهی نشان داده است که منشاء اولیه احتمال بیشتری دارد.

## ۲-۱-۱ منشاء اولیه برای آندزیتها

جایگاه اصلی ولکانیسم آندزیتی امروزه در جزایر قوسی و حاشیه قاره‌هاست و این مناطق معمولاً یک زون فرورانش را که پوسته اقیانوسی در حال فرو رفتن به درون گوشته است، در زیر خود دارند و ارتباط بین پیدایش آندزیتها و وجود زون لرزه‌خیز در زیر آتشفشانهای آندزیتی با دلایل زیادی

اثبات شده است. رابطه خطی، درصد  $K_2O$  و عناصر کمیاب با عمق زون لرزه‌ای یک مثال در این مورد است. با توجه به کارهای تجربی که تا کنون انجام گرفته، تشکیل آندزیتها روی (یا نزدیک) پوسته اقیانوسی فرورو با احتمالات زیر همراه است. ذوب بخشی آمفیبولیت در عمق کم یا تبلور بخشی هورنبلند از یک مذاب بازالتی، ذوب بخشی اکلوزیت در عمق زیاد، ذوب بخشی پریدوتیت (گوشته) در حضور آب با شواهد کانی‌شناسی و صحرایی مسلم گشته که در ماگماهای آندزیتی آب فراوان است، بنابراین چنین فرض می‌شود که ذوب بخشی یا تفریق، باید در شرایط اشباع از آب وقوع یافته باشد. در عین حال این احتمال بسیار کم است که عمل ذوب در شرایط اشباع از آب اتفاق افتاده باشد، زیرا سنگهایی که منشاء ماگماهی آندزیتی هستند، مقدار بسیار کمی آب دارند.

### ۱-۱-۳ منشاء ثانویه برای آندزیتها

- منشاء تفریق: معمولاً چنین فرض شده که ماگماهای آندزیتی نتیجه تفریق ماگماهای بازالتی هستند، در فشارهای بالا، گارنت و کلینوپیروکسن می‌توانند از یک ماگمای بازالتی جدا شوند. در فشارهای پایین پیروکسن همراه با پلاژیوکلاز و الیوین در غیاب آب و همین‌اين کانیها بعلاوه آمفیبول در حضور آب تفریق حاصل می‌کنند.

- منشاء آرایش ماگمایی: نظریه آرایش ماگمای بازالتی به وسیله پوسته به دلیل گسترش فراوان آندزیتها در جزایر قوسی یعنی جایی که پوسته قاره‌ای وجود ندارد و نسبت پایین ایزوتوپی  $^{87}Sr/^{86}Sr$  برای اغلب آندزیتها که از بازالتهای همراه معمولاً کمتر است، رد شده است.

ممکن است آندزیتها مانند هر ماگمای دیگر مقداری آرایش با مواد رسوبی نشان دهند اما این فرآیند نمی‌تواند به تنهایی به وجود آورنده یک نوع ماگمای جدید باشد.

- منشاء اختلاط ماگمایی: نظریه اختلاط ماگمایی برای کسانی جالب است که می‌کوشند تا منشاء تمام سنگهای آذرین را در دو ماگمای اصلی بازالتی و گرانیتی خلاصه کنند. فرضیه اختلاط ماگمایی، عدم تعادل کانی‌شناسی موجود در بسیاری آندزیتها را توجیه می‌کند. به ویژه اگر قبل از اختلاط ماگماها هر کدام از دو ماگما تا حدودی متبلور شده باشند (معین‌وزیری و احمدی، ۱۳۷۷).

## ۲-۱ سریهای ماگمایی

در یک منطقه‌ی آتشفشانی معین گدازه‌ها دارای پاره‌ای اختصاصات شیمیایی یکسان هستند که اختصاص به همان منطقه دارند. سیر تدریجی تغییرات ترکیب شیمیایی و کانی‌شناسی از یک گدازه به گدازه‌های دیگر نشانه‌ی رابطه‌ی خویشاوندی گدازه‌ها با هم و منشأ گرفتن از یک منبع مشترک است، در این حالت می‌گوییم که گدازه‌ها از یک سری ماگمایی هستند. به طور کلی تعداد ۵ سری ماگمایی مشخص و معلوم شده است که عبارتند از: سری توله ایتی، سری آلکالن، سری کالک-آلکالن، سری شوشونیتی، سری تحولی. همانگونه که ذکر شد هر کدام از سری‌های ماگمایی دارای اختصاصات ژئوشیمیایی خاص خود می‌باشند.

سری تولیتی: این سری غنی از سیلیس و فقیر از سدیم و پتاسیم است. در اثر تبلور تفریقی این سری به ترتیب بازالت تولیتی، ایسلاندیت و ریولیت تولید می‌شود.

سری کالک-آلکالن: در این سری  $Al_2O_3$  بیش از ۱۷ درصد است. کوارتز کم و فلدسپار زیاد است. همیشه مقدار سدیم از پتاسیم بیشتر است. در اثر تبلور تفریقی به ترتیب بازالت کالک-آلکالن (بازالت پر آلومینیوم)، آندزیت بازالتی، آندزیت و داسیت تولید می‌شود. کانی‌های خیلی شاخص آن ارتوپیروکسن‌ها هستند که هم به صورت فنوکریست و هم به صورت میکروکریستال دیده می‌شوند.

سری آلکالن: در این سری مقدار سدیم و پتاسیم از مقدار منیزیم و کلسیم بیشتر است و فقیر از سیلیس هستند. سری آلکالن شامل بازالت آلکالن، بازالت و نفلینیت است که از بازالت آلکالن در نتیجه‌ی تفریق، تراکیت به دست می‌آید.

سری تحولی: این سری بین سری‌های تولیتی و آلکالن قرار دارد و مشخصات هر دو گروه را نشان می‌دهد.

سری شوشونیتی: درصد پتاسیم این سری زیاد است، درصد تیتان کم و مقدار سیلیس آن متغیر است.

## ۱-۲-۱ ماگماهای سری کالک-آلکالن

سری‌های سنگ‌های آذرین با محیط‌های تکتونیکی رابطه‌ی خیلی نزدیکی دارند و شمار زیادی از مطالعات علت تولید مذاب‌های متفاوت در خاستگاه‌های مختلف تکتونیکی را بررسی کرده است. سری کالک-آلکالن معمولاً در حاشیه‌های نعال قاره‌ای دیده می‌شود، جایی که گوشته به علت فرورانش پوسته‌ی اقیانوسی خنک شده و ماگمای تولید شده به پایین‌ترین حد سولیدوس پریدوتیت نسبت داده می‌شود که پایین آمدن حد سولیدوس در نتیجه‌ی آزاد شدن آب و دیگر مواد فرآر از ورقه‌ی فرورانده صورت می‌گیرد (Arculus, 1994). این سری ماگمایی با غنی‌شدگی در عناصر لیتوفیلی درشت یون (LILE) و همچنین تپی‌شدگی در عناصر با شدت میدان بالا (HFSE) مشخص می‌شوند و آنومالی منفی در Nb و Ta در نمودارهای چند عنصری نشان می‌دهند (Pearce, 1982). این خصوصیات ژئوشیمیایی معمولاً در اثر اضافه شدن سیالات آبدار، حاصل از لیتوسفر اقیانوسی فرورفته، و مذاب‌های حاصل از رسوبات فرورانده شده‌ی روی گوهی گوشته‌ای که در پایین‌تر از حد سولیدوس گوشته باعث ایجاد ماگما می‌شود، بوجود می‌آید (Iwamori, 1998). بنابراین باید گفت: یا ماگمای آندزیتی در مناطقی که در حال فرورانش نیستند ندرتاً دیده می‌شود؛ یا اینکه بین خاتمه‌ی عمل فرورانش و فعالیت‌های ماگمایی حاصل از فرورانش یک فاصله‌ی زمانی طولانی می‌تواند وجود داشته باشد. این فاصله‌ی زمانی مطابق آنچه در ایالت واشنگتن دیده می‌شود می‌تواند از ۱۵ تا ۲۰ میلیون سال نیز تجاوز کند. به نظر می‌رسد که نظریه‌ی دوم صحیح‌تر باشد، زیرا گدازه‌های کالک-آلکالن زمان حال در مناطقی یافت شده‌اند که آن مناطق چندین میلیون سال پیش در حال فرورانش بوده‌اند. ماگماهای کالک-آلکالن می‌تواند در اثر فشارزدایی و ذوب گوهی گوشته‌ای که در گذشته فرو رانده شده تشکیل شود (Cameron et al., 2003) و یا در اثر ذوب گوشته‌ی لیتوسفری قاره‌ای که قبلاً در اثر فرایند فرورانش دچار تغییر شده است ایجاد شود (Fan et al., 2003). در هر دوی این موارد کشش‌های لیتوسفری تولید ماگما را کنترل می‌کنند، در حالیکه ویژگی‌های ژئوشیمیایی ماگما از فرایندهای فرورانشی قدیمی به ارث برده شده است. بدین ترتیب ماگماتیسیم کالک-آلکالن می‌تواند بدون هم‌عصری با فرایند فرورانش رخ دهد و یا در ادامه‌ی فرورانش متوقف شده روی دهد. ماگماتیسیم پس از برخوردی توسط تفاوت‌های استثنائی پترولوژیکی و ژئوشیمیایی محصولاتش متمایز می‌شوند. دامنه‌ی آنها معمولاً از کالک-آلکالن (پتاسیم پایین تا پتاسیم بالا و اغلب شوشونیتی)

تا آلکالن (آلکالی بازالت تا بازائیتی و حتی التراپتاسیک) است و اغلب بایومدال هستند یعنی مافیک و اسیدی هستند (Miller, 1999). برای ماگم تیسیم کالک-آلکالن منشأهای متنوعی در نظر گرفته شده است که شامل موارد زیر است: گوشته‌ی آمتوسفری عمیق زیر قاره‌ای یا زیر اقیانوسی؛ گوشته‌ی لیتوسفری زیر قاره‌ای یا زیر اقیانوسی، گوشته‌ی لیتوسفری زیر اقیانوسی که می‌تواند ماهیت تهی شده (منشأ نوع MORB) یا متاسوماتیسیم شده داشته باشد که حالت متاسوماتیسیم طی رویدادهای فرورانشی سابق از طریق حمل سیالات بخش‌های رسوبی ایجاد شده است؛ پوسته‌ی قاره‌ای بالایی یا پایینی، که می‌تواند از طریق مذاب آناتکتیک درگیر شود (Zeck et al., 1998)، و یا آلودگی مذاب-های مشتق شده از گوشته توسط پوسته، همراه با تبلور بخشی (AFC)، یا فرایندهای پیچیده‌ی بیشتری (مثل ذوب، هضم، ذخیره‌سازی و هموژنیزه شدن MASH (Hoernle et al., 1995)). نقش و میزان مشارکت هر کدام از این منابع گوناگون و هر یک از این فرایندها در ماگماتیسیم پس از برخوردی معمولاً در طی زمان تغییر می‌کند.

سری کالک‌آلکالن خاص مناطق کوهزایی بوده و در موقعیت‌های تکتونیکی جزایر قوسی، حواشی فعال قاره‌ای و قوس‌های بعد از تصادم مشاهده می‌شوند. تفاوت عمده‌ی سنگ‌های کالک‌آلکالن جزایر-قوسی و حاشیه‌ی قاره‌ها به قرار زیر است:

الف) سنگ‌های اسیدی سری کالک‌آلکالن حاشیه‌ی قاره‌ها به شکل سنگ‌های آذرآواری و پهنه‌های ایگنیمبریت دیده می‌شوند، در حالی که این سنگ‌ها در جزایر قوسی به صورت پهنه‌های کم وسعت همراه با ابرهای سوزان مشاهده می‌گردند.

ب) از نظر درصد  $\text{SiO}_2$ ، سری کالک-آلکالن حاشیه‌ی قاره‌ها با سری کالک-آلکالن جزایر قوسی اختلاف جزئی دارد، درصد  $\text{SiO}_2$  در سری کالک-آلکالن حاشیه‌ی قاره‌ها ۵۶ تا ۷۵ و در جزایر-قوسی بین ۵۰ تا ۶۶ در نوسان است.

ج) درصد  $\text{K}_2\text{O}$  در سری کالک-آلکالن حاشیه‌ی قاره‌ها بیشتر از سری کالک-آلکالن جزایر قوسی است.

د) تفاوت‌های کانی‌شناسی، در آندزیت‌های سری کالک-آلکالن حاشیه‌ی قاره‌ها فنوکریست‌های

هورنبلند و بیوتیت دیده می‌شود، در حالی که در آندزیت‌های سری کالک-آلکالن جزایر قوسی بیشتر فنوکریست‌ها از نوع کلینوپیروکسن و ارتوپیروکسن می‌باشند.

لازم به ذکر است، سری کالک-آلکالن در پوسته‌های ضخیم شده (موقعیت بعد از تصادم) دارای مقادیر بالای  $K_2O$  بوده و سری کالک-آلکالن پتاسیم بالا خوانده می‌شوند. در سری کالک-آلکالن، سنگ‌های ولکانیکی نظیر بازالت، آندزیت، ازلتی، آندزیت، داسیت، ریوداسیت، ریولیت و همچنین از سنگ‌های پلوتونیکی، گابرو، دیوریت، گرانودیوریت، تونالیت و گرانیت وجود دارند. در مقایسه با سایر سنگ‌ها، به لحاظ حجمی، آندزیت‌ها و گرانیتوئیدها فراوان‌ترین سنگ‌های این مجموعه، به خصوص در حاشیه‌ی قاره‌ها و پوسته‌های ضخیم شده، به حساب می‌آیند.

### ۳-۱-۳-۱ فعالیتهای ماگمایی رخ داده در طول فرایند کوهزایی

۱- قبل از تصادم (ماگماتیسم فرورانشی)

۲- همزمان با تصادم

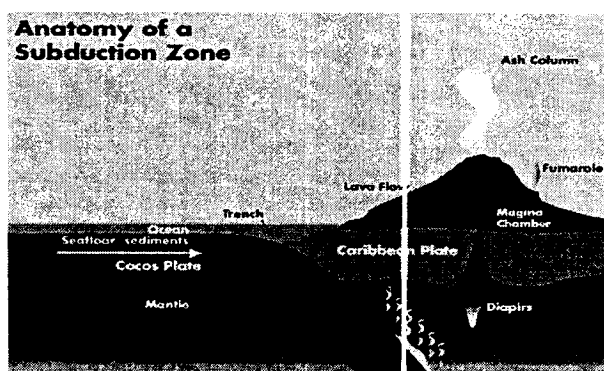
۳- بعد از تصادم تقسیم نمود.

معمولاً در اثر ماگماتیسم شدید قبل و بعد از تصادم، کمربندهای ولکانو-پلوتونیک گسترده‌ای پدید می‌آید، که به ترتیب قوسهای فرورانشی (جزایر قوسی و حواشی فعال قاره‌ای) و قوس‌های بعد از تصادم نامیده می‌شوند. قوس‌های مزبور حاوی حجمهای عظیمی از سنگ‌های آتشفشانی و پلوتونیک از جمله آندزیتها، بازالتها و سنگهای گرانیتوئیدی می‌باشند. در ادامه، فرایندهای ماگمایی قوس‌های فرورانشی مزبور بطور اجمال مورد بررسی قرار می‌گیرد:

### ۱-۳-۱-۱ ژنز ماگمایی در قوسهای فرورانشی

ورود مکانیکی یک لیتوسفر اقیانوسی به زیر لیتوسفر دیگر (اقیانوسی، قاره‌ای و شبه قاره‌ای) در مناطق فرورانش، موجب بوجود آمدن تغییرات بسیار مهم در گوشته و خود صفحه‌ی فروراننده می‌گردد. بروز این تغییرات فیزیکی-شیمیایی، به تشکیل ماگماهای متنوع در مناطق مذکور منجر می‌شود. علیرغم وجود ارتباط بسیار روشن بین فرورانش لیتوسفر اقیانوسی و تشکیل ماگما در جزایر

قوسی و حواشی فعال قاره‌ای، باز نقش لیت‌سفر فرورانده به هیچ وجه یک نقش ساده‌ای نیست. مدل‌های پتروژنتیکی پیشین، ذوب بخشی پوسته‌ی اقیانوسی فرورانده را در تولید ماگماهای عظیم آندزیتی خاص این مناطق تکتونیکی، دخیل می‌دانستند. با این وجود، بیشتر مدل‌های امروزی بر پدیده‌ی چند مرحله‌ای - چند منشایی تأکید دارند که تا حد زیادی گوه‌ی گوشته‌ای را شامل می‌شود. بطور کلی تشکیل ماگما در هر محیطی، در جاهایی شروع می‌گردد که حرارت از دمای سالدوس انواع سنگ‌های مختلف موجود تجاوز کند. اکنون بنظر می‌رسد که به احتمال زیاد واکنش آزدایی در طی گذر از رخساره‌ی شیبست آبی به اکلوزیت در عمق تقریبی ۱۰۰ کیلومتری بجای پدیده‌ی ذوب، یک فرایند کلیدی محسوب می‌گردد که قطعات فرورانده را تحت تأثیر قرار می‌دهد (شکل ۱-۱).



(شکل ۱-۱)، طرح شماتیک ا. موقعیت تکتونیکی فرورانش (Peacock, 1993)

سیالات آبدار غنی از مواد حل شده، که از قطعه‌ی فرورانده آزاد می‌گردند، گوه‌ی گوشته‌ای را متاسوماتیزه کرده و آنرا از مواد فرار، سولفور، سیلیس و سیالات حاوی عناصر لیتوفیل بزرگ یون متحرک (LILE) نظیر Ba, Cs, Rb, Sr غنی می‌سازد (De Hoog et al., 2001). هر چند عناصر با میدان پایداری بالا (HFSE) مانند Nb, Ti و Ta توسط این فرایند جابجا نمی‌گردند و در قطعه‌ی فرورانده در داخل کانی‌هایی مانند روتیل حفظ می‌شوند (Foley et al., 2000). مدل‌هایی که این تهی‌شدگی نسبی از عناصر Nb, Ti و Ta را توضیح داده‌اند، پیشنهاد می‌کنند که روتیل یا تیتانیت بعنوان فاز بازمانده (restite) در طول ذوب قطعه با گوه‌ی گوشته‌ای باقی می‌مانند (Prouteau et al., 1999). آگیری و متاسوماتیسم گوه‌ی گوشته‌ای پریدوتیتی زیر قوس‌ها، فازهای کانیایی جدیدی نظیر آمفیبول و میکا را بوجود آورده، دمای سالدوس گوشته را تا نقطه‌ی شروع ذوب پائین می‌آورد (Arculus, 1994). محصولات چنین ذوبی نیز بازالت می‌باشد، و لیکن این بازالتها از انواع پشته‌های



میان اقیانوسی (MORB) به واسطه‌ی  $H_2O$  و LILE فراوان و نابهنجاری‌های پائین Nb, Ti و Ta که منعکس کننده‌ی خاستگاه متاسوماتیزه می‌باشند، قابل تشخیص هستند. چنانچه در بالا نیز اشاره شد، تئوریهای مربوط به ژنز ماگما در قوسهای فرورانشی نسبت به مدل‌های کلاسیک، بطور چشمگیر و بنیادی دچار تغییر و تکامل شده، در آنها موضوع ذوب بخشی پوسته‌ی فرورانده بعنوان منشاء ماگمای قوسهای حاصل از فرورانش کنار گذاشته نده است. در مدل‌های اخیر، بر آزاد شدن یک سیال آبگین و یا ماگمای رقیق شده‌ی سیلیسی (Tenuous magma) بیشتر تأکید می‌گردد. ترکیب این ماگمای رقیق شده تا حد زیادی به مقدار، سن، دگرسانی و منشاء مواد رسوبی بستگی دارد. (Wyllie 1982) مطرح کرد که سیالات آبگین حاصل از واکنشهای آبردایی داخل پوسته‌ی اقیانوسی فرورانده، بایستی دارای مقادیر قابل ملاحظه‌ای از سیلیکاتهای محلول در فشارات حاکم بر آن شرایط باشند. بنابراین به احتمال زیاد در آنجا به لحاظ ترکیبی، طیف پیوسته‌ای از سیالات آبگین سیلیسی دار تا مذابهای بخشی آندزیتی آبدار از داخل قطعه‌ی فرورانده، تواید می‌گردند. نقش سیالات آبگین و مذابهای بخشی جدا شده از قطعه‌ی فرورانده، یک نقش بسیار مهم و اساسی است که تشکیل ماگما در محیط‌های زون فرورانشی را از سایر محیط‌ها و موارد متمایز می‌سازد. در شکل ۱-۱ نشان داده شده است که مذابهای بخشی پوسته‌ی اقیانوسی فرورانده، به داخل لرزولیت گوه‌ی گوشته‌ای صعود می‌کنند و در آنجا واکنش داده، ماهیت خود را از دست می‌دهند. یک چنین سیالات جدا شده از قطعه‌ی فرورانده (هم سیالات آبگین و هم مذابهای بخشی) دمای سالدوس مواد گوشته‌ای را پائین آورده و بدین طریق فرایند ذوب بخشی در گوشته گسترش می‌یابد. این سیالات بجای اینکه به عنوان یک منشاء اولیه برای ماگماتیسیم قوسهای فرورانشی در نظر گرفته شوند، بصورت یک فروکاهنده (Catalyst) برای حجم عمده‌ی این ماگماتیسیم ها به شمار می‌روند.

### ۱-۳-۲ ژنز ماگمایی در قوسهای بعد از تصادم

در بسیاری از کتب زمین شناسی، اتفاقات تکتونیکی و پتروژنتیکی رویداده در موقعیت‌های بعد از تصادم، مشابه ریفت‌های درون قاره‌ای در نظر گرفته می‌شود (Turner et al., 1999). به‌عنوان یک نقطه‌ی شروع برای شناخت گسترش و تکامل ریفت‌ها، آنها را بر اساس ساز و کارهای عمل ریفتینگ به دو گروه ریفت‌های فعال (Active rifting) و غیرفعال (Passive rifting) تقسیم می‌کنند

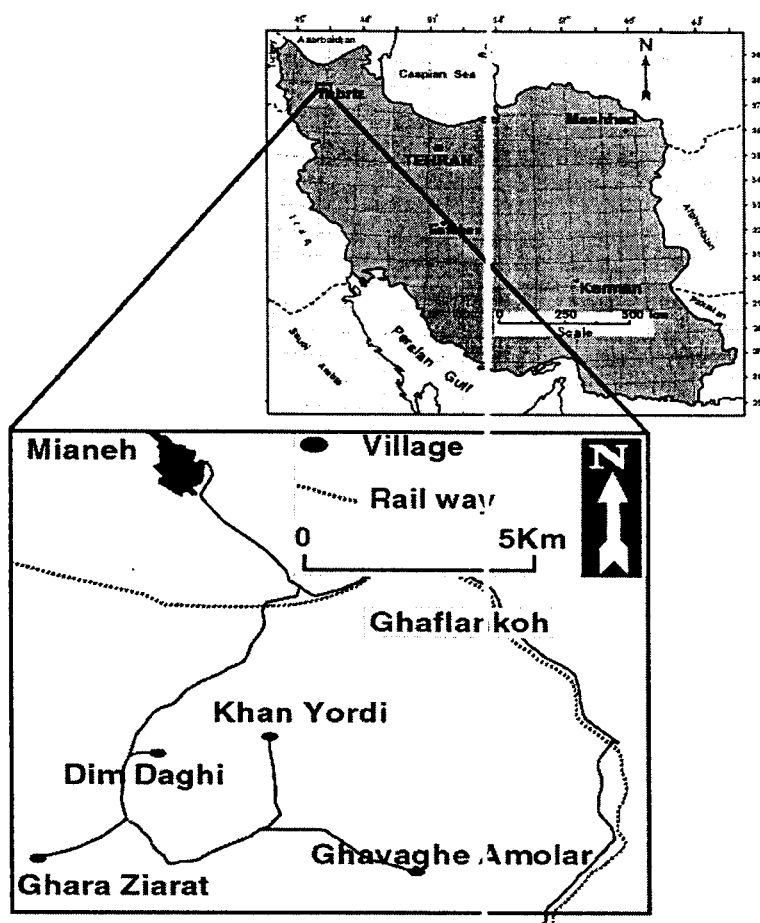
( Sengor and Burke, 1978 ). علاوه بر تفاوت‌های بسیار، مهمترین وجه تمایز این دو گروه، به ترتیب رخداد فرایندهای گنبدشدن (Doming)، ترک خوردگی (Cracking) و ماگماتیسم برمی‌گردد که در گروه ریفت‌های فعال ابتدا پدیده‌ی گنبدی شدگی بعد ماگماتیسم و در نهایت ترک خوردگی یا ریفتینگ رخ می‌دهند، در حالی که در گروه ریفت‌های غیرفعال ترتیب ترک خوردگی، گنبدی‌شدن و ماگماتیسم دیده می‌شود (Ruppel, 1995) در هنگام خاتمه‌ی فرورانش و بسته شدن حوضه‌ی اقیانوسی، دو قاره به یکدیگر برخورد کرده و در اثر تداوم تنش‌های همگرایی، مقداری از پوسته‌ی قاره‌ای همگرا نیز به زیر پوسته‌ی قاره‌ای راین کشیده می‌شود، ولیکن شناوری و چگالی اندک، مانع از فروراندگی آن در حد قابل ملاحظه‌ای می‌گردد. این امر به همراه چین خوردگی مواد پوسته‌ای، پیدایش گسله‌های معکوس و رورانده و تزریق ماگماهای تولید شده به داخل پوسته، در نهایت باعث ضخیم شدگی پوسته گردیده و اتفاقات متعاقب آن را موجب می‌شود.

# فصل دوم

## مواد و روش ها

## ۱-۲ موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه

سنگهای آتشفشانی منطقه مورد مطالعه بین طولهای جغرافیایی "  $11^{\circ} 45'$  و "  $23^{\circ} 10' 48'$  شرقی و عرضهای "  $39^{\circ} 22' 50''$  و "  $24^{\circ} 39'$  شمالی، بخش جنوبی نقشه چهارگوش (۱:۱۰۰۰۰۰) میانه، در فاصله ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی میانه قرار دارد. راههای دسترسی به منطقه و موقعیت آن نسبت به ایران در شکل ۱-۲ و لیتولوژیهای موجود در منطقه در شکل ۲-۲ نشان داده شده است. نزدیک‌ترین روستا به منطقه مورد بررسی روستای خان یوردی است.



(شکل ۱-۲) نقشه راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه