وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

دانشگاه دامغان

دانشکده علوم زمین

پایان نامه کارشناسی ارشد زمین شناسی (گرایش پترولوژی)

ژئوشیمی و پتروژنز گنبدهای آندزیتی- ریولیتی مشکان (شمال‌شرق سبزوار)

توسط:

مجتبی خانی دمنه

استاد راهنما:

دکتر هادی شفائی مقدم

استاد مشاور:

دکتر قاسم قربانی

دی ماه ۱۳۹۲

تعهدنامه‌ی اصالت پایان نامه/رساله دانشگاه دامغان

اینجانب مجتبی خانی دمنه دانش‌آموخته‌ی مقطع کارشناسی ارشد/ دکتری رشته‌ی زمین شناسی گرایش پترولوژی دانشکده‌ی علوم زمین دانشگاه دامغان به شماره دانشجویی ۹۰۲۷۴۰۲ که در تاریخ ۹۲/۱۰/۱۵ از پایان‌نامه/ رساله ی تحصیلی خود تحت عنوان بررسی پترولوژی و پتروژنز توده‌های آذرین درونی منطقه ی دره گل شرقی سبزوار

.....دفاع نموده‌ام، متعهد می‌شوم که:

۱) این پایان‌نامه را قبلاً برای دریافت هیچ‌گونه مدرک تحصیلی یا به عنوان هرگونه فعالیت پژوهشی در سایر دانشگاه‌ها و مؤسسات آموزشی و پژوهشی داخل و خارج از کشور ارائه ننموده‌ام.

۲) این پایان‌نامه، حاصل پژوهش انجام شده توسط اینجانب می‌باشد و در موارد استفاده از نتایج دیگران به مرجع مورد استفاده استناد شده است.

۳) در کلیه مراحل انجام این پایان نامه/ رساله، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آن ها) استفاده شده است، ضوابط و اصول اخلاق علمی رعایت شده است.

٤) چنانچه بعد از فراغت از تحصیل، قصد استفاده یا هر گونه بهره‌برداری اعم از نشر کتاب، ثبت اختراع و ... از این پایان‌نامه را داشته باشم، از حوزه‌ی معاونت پژوهشی و فنّاوری دانشگاه دامغان، مجوزهای لازم را اخذ نمایم.

۵) در صورت ارائه‌ی مقاله‌ی مستخرج از این پایان‌نامه در همایش‌ها، کنفرانس‌ها، سمینارها، گردهمایی‌ها و انواع مجلات، نام دانشگاه دامغان را در کنار نام نویسندگان (دانشجو و اساتید راهنما و مشاور) ذکر نمایم.

٦) چنانچه در هر مقطع زمانی، خلاف موارد فوق ثابت شود، عواقب ناشی از آن (منجمله ابطال مدرک تحصیلی، طرح شکایت توسط دانشگاه و ...) را می‌پذیرم و دانشگاه دامغان را مجاز می‌دانم با اینجانب مطابق ضوابط و مقرّرات مربوطه رفتار نماید.

۷) مسئولیت صحّت و سقم تمامی مندرجات پایان‌نامه‌ی تحصیلی خود را بر عهده می‌گیرم.

نام و نام خانوادگی دانشجو: مجتبی خانی دمنه

امضاء:

تاریخ: ۹۲/۱۰/۱۵

تمامی حقوق مادّی و معنوی مترتب بر نتایج، ابتکارات، اختراعات، کتاب و نرم افزار حاصل از انجام این پایان نامه/ رساله، متعلق به دانشگاه دامغان می‌باشد. نقل مطلب از این اثر، با رعایت مقرّرات مربوطه و ذکر منبع بلامانع است.

به نام خدا

ژئوشیمی و پتروژنز گنبدهای آندزیتی- ریولیتی مشکان (شمال‌شرق سبزوار)

به وسیله‌ی:

مجتبی خانی دمنه

پایان نامه:

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به عنوان بخشی از فعالیت‌های تحصیلی لازم
برای اخذ درجه‌ی کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

زمین شناسی (گرایش پترولوژی)

از دانشگاه دامغان

ارزیابی و تأیید شده توسط کمیته پایان نامه با درجه: بسیار خوب

دکتر هادی شفائی مقدم، استادیار رشته زمین شناسی گرایش پترولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان (استاد راهنما)

دکتر قاسم قربانی، استادیار رشته زمین شناسی گرایش پترولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان (استاد مشاور)

دکتر محمود صادقیان، استادیار رشته زمین شناسی گرایش پترولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شاهرود (استاد داور)

دکتر علی اکبر حسن نژاد، استادیار رشته زمین شناسی گرایش اقتصادی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان (استاد داور)

دکتر رضا اهری پور، استادیار رشته زمین شناسی گرایش رسوب شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان (نماینده تحصیلات تکمیلی)

دی ماه ۱۳۹۲

تقدیم به:

شهیدان هشت سال دفاع مقدس به ویژه شهدای جزیره مجنون

پدر و مادری مهربان و زحمتکش

همسری فداکار و دختری محجوب

سپاسگزاری

مجنون تو کوه را از صحرا نشناخت　　دیوانه عشق تو سر از پا نشناخت

هر کس به تو ره یافت ز خود گم گردید　　آنکس که تو را شناخت خود را نشناخت

سپاس خدایی راکه سخنوران، در ستودن او بمانند و شمارندگان، شمردن نعمت های او ندانند و کوشندگان، حق او را گزاردن نتوانند، و سلام بر فرستاده پاکش (ص) و امامان معصومش (ع).

بی تردید این پژوهش حاصل مساعدت بزرگوارانی است که به نوعی بنده را در انجام این مهم یاری نموده اند و به مصداق "من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق" بسی شایسته است از آن ها تقدیر و تشکر نمایم.

در ابتدا از آقایان دکتر هادی شفائی مقدم و دکتر قاسم قربانی که راهنمایی و مشاورت این رساله را بر عهده داشتند و بنده حقیر را تحمل کردند، تشکر و قدردانی می نمایم. از خداوند متعال می خواهم که به این دو استاد ارجمند اجر جزیل و به ایشان توان جبران دهد.

از برادر گرامی مهران محمدی گورجی کارشناس ارشد پترولوژی ورودی ۸۹ دانشگاه دامغان که در رسم دیاگرام های پایان نامه به ایشان کمک نمودند تشکر و قدردانی می نمایم.

همچنین، از سرکار خانم مقدسی کارشناس آزمایشگاه و آقای ترابی مسئول کارگاه تهیه مقطع برای همکاریشان متشکرم.

چکیده

ژئوشیمی و پتروژنز گنبدهای آندزیتی- ریولیتی مشکان (شمال‌شرق سبزوار)

به‌وسیله:

مجتبی خانی دمنه

نوار آتش‌فشانی مشکان در شمال و شمال‌شرق سبزوار و در بخش شمالی زون افیولیتی و دگرگونی سبزوار قرار داشته و مشتمل بر تعداد زیادی گنبد آتش‌فشانی با ترکیب آندزیتی تا ریولیتی می‌باشد. ترکیب عمده این گنبدها، داسیت و به میزان کمتر آندزیت و در حجم بسیارکم، ریولیت می‌باشد. این سنگ‌ها مربوط به فعالیت‌های پلیو-پلئیستوسن بوده که به صورت گنبدهای ساب‌ولکانیک تا ولکانیک در این منطقه وجود دارند. سنگ‌های بازیک ائوسن- میوسن زیرین (عمدتاً بازالت‌ها)، میزبان این گنبدها می‌باشند. بنابراین، فعالیت‌های ماگمایی از ائوسن شروع شده و تا پلیوکواترنر ادامه داشته است. بخش شمالی این نوار آتشفشانی، اساساً از واحدهای آذرآواری و گنبدهای آندزیتی، تراکی‌آندزیتی، داسیتی و ریولیتی به سن پلیو-پلئیستوسن تشکیل شده است. وجود انکلاوهایی از سنگ-های آتشفشانی ائوسن و همچنین انکلاوهای رسوبی میوسن، ظهور و عدم حضور برخی از فازهای کانی‌ها، خوردگی و عدم تعادل شیمیایی فنوکریست‌ها و همچنین بافت غربالی و آثار عدم اختلاط ماگمایی، از نشانه‌های وقوع آلایش ماگمایی در این سنگ‌ها هستند. براساس مطالعات ژئوشیمیایی، سنگ‌های ولکانیک منطقه مورد مطالعه دارای ویژگی‌های شیمیایی SiO_2>47.9%، Al_2O_3≥15.2%، MgO<7.1%، Sr>225 ppm، Sr/Y>19.4، غنی‌شدگی از عناصر LILE و LREE و تهی‌شدگی از عناصر HFSE و HREE (Y<29.7 ppm و Yb<2.3 ppm) هستند که با ویژگی‌های سنگ‌های کالک‌آلکالن و متاآلومین مطابقت دارد. موقعیت آن‌ها در نمودارهای متمایزکننده محیط‌های تکتونیکی، نشاندهنده آن است که این سنگ‌ها در محیط‌های مرتبط با زون‌های فرورانش حاشیه مخرب صفحات تشکیل شده‌اند. مطالعات ایزوتوپ‌های Sr-Nd-Hf-Pb نشان می‌دهند که واحدهای آتشفشانی مورد مطالعه دارای خصوصیات ایزوتوپی متفاوتی بوده، اما تقریباً تمامی آن‌ها اثراتی از مشارکت رسوبات تخریبی و رادیوژنیک (رسوبات ورقه فرورانش‌شده و یا به‌احتمال زیاد رسوبات و سنگ‌های تخریبی قاره‌ای) را نشان می‌دهند. این امر به‌خوبی از روی تغییرات ایزوتوپ $^{207}Pb/^{204}Pb$ و همچنین مقادیر منفی و متغییر εNd و εHf مشخص می‌باشد. به‌نظر می‌رسد که گنبدهای نوار آتش‌فشانی مشکان در اثر کشش‌های بعد از بسته‌شدن حوضه نئوتتیس سبزوار ایجاد شده و مرتبط با فرورانش و شکستگی پوسته اقیانوسی (slab break-off) نمی‌باشند. اثرات ایزوتوپی متفاوت و متغییر آن‌ها می‌تواند ناشی از آلایش متفاوت ماگمای سازنده‌ی این گنبدها با پوسته‌ی قاره‌ای ضخیم در این منطقه باشد.

کلمات کلیدی: کالک‌آلکالن، ایزوتوپ‌های Sr-Nd-Hf-Pb، پلیوکواترنری، ماگماتیسم، مشکان.

فهرست مطالب

عنوان .....صفحه

فهرست مطالب ..... ه

فهرست جداول ..... ط

فهرست اشکال ..... ی

فصل اول: کلیات

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی ۲

۱-۳- آب و هوا و جغرافیای انسانی ۵

۱-۴- ژئومورفولوژی منطقه ۶

۱-۵- مطالعات قبلی ۶

۱-۶- هدف از مطالعه ۱۰

۱-۷- روش تحقیق و سیر مطالعاتی ۱۰

فصل دوم: زمین شناسی عمومی منطقه

۲-۱- مقدمه ۱۳

۲-۲- زمین‌شناسی عمومی منطقه ۱۴

۲-۳- واحد های سنگی اصلی منطقه ۱۷

۲-۳-۱- واحدهای رسوبی ۱۷

۲-۳-۲- سنگ‌های آذرین ۲۱
۲-۴- زمین‌شناسی ساختمانی منطقه ۲۵
۲-۵- پتانسیل‌های معدنی ۲۶
۲-۶- نتیجه‌گیری ۲۶

فصل سوم: مطالعات پتروگرافی و طبقه‌بندی سنگ

۳-۱- مقدمه ۲۸
۳-۲- ویژگی‌های پتروگرافی سنگ‌های آذرین منطقه ۲۸
۳-۲-۱- بازالت‌ها ۲۹
۳-۲-۲- آندزیت‌ها ۳۲
۳-۲-۳- تراکی‌آندزیت‌ها ۳۶
۳-۲-۴- داسیت‌ها ۳۹
۳-۲-۵- ریولیت‌ها ۴۳
۳-۳- پتروگرافی انکلاوها ۴۴
۳-۴- نتیجه‌گیری ۴۶

فصل چهارم: ژئوشیمی

۴-۱- مقدمه ۴۸
۴-۲- آماده‌سازی و تجزیه ژئوشیمیایی نمونه‌ها ۴۸
۴-۳- کاربرد داده‌های ژئوشیمیایی ۶۱
۴-۴- رده‌بندی و نامگذاری سنگ‌های آذرین ۶۱
۴-۴-۱- طبقه‌بندی شیمیایی سنگ‌ها ۶۱
۴-۴-۱-۱- طبقه‌بندی دولارش و همکاران ۶۲

۴-۴-۱-۲- طبقه‌بندی تاس ۶۲
۴-۴-۱-۳- طبقه‌بندی فلوید و وینچستر ۶۲
۴-۵- بررسی تغییر و تحولات ژئوشیمیایی به کمک نمودارهای تغییرات ۶۴
۴-۵-۱- نمودارهای هارکر ۶۵
۴-۵-۱-۱- نمودارهای تغییرات عناصر اصلی در مقابل SiO_2 (هارکر) ۶۵
۴-۵-۱-۲- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب در مقابل SiO_2 (هارکر) ۶۶
۴-۵-۲- نمودارهای تغییرات عناصر کمیاب ۷۰
۴-۶- تعیین سری ماگمایی ۷۱
۴-۶-۱- نمودار AFM ایروین و باراگار (۱۹۷۱) ۷۱
۴-۶-۲- نمودار A/NK در مقابل A/CNK (شاند، ۱۹۴۳) ۷۱
۴-۶-۳- نمودار Y در مقابل Zr لومتر (۱۹۸۹) ۷۱
۴-۶-۴- نمودار K_2O در مقابل SiO_2 پکسریلو و تایلور (۱۹۷۶) ۷۱
۴-۷- نمودارهای عنکبوتی و نمودارهای چند عنصری (نورمالیز شده به ترتیب به کندریت و گوشته اولیه) ۷۳
۴-۸- نتیجه‌گیری ۸۰

فصل پنجم: ایزوتوپ

۵-۱- ایزوتوپ ۸۲
۵-۲- تعیین‌منشأ سنگ‌ها به روش های$^{87}Sr/^{86}Sr$، $^{143}Nd/^{144}Nd$، $^{206}Pb/^{204}Pb$، $^{207}Pb/^{204}Pb$، $^{208}Pb/^{204}Pb$ و $^{176}Hf/^{177}Hf$ ۸۳
۵-۳- ترکیب ایزوتوپی Nd ، Sr و Pb در سنگ‌های آذرین ۸۴
۵-۴- سیستم Lu-Hf ۸۹
۵-۵- منشأ گوشته‌ای سنگ‌های منطقه مورد مطالعه ۹۲

فصل ششم: جایگاه تکتونیکی و پتروژنز

۶-۱- مقدمه ۹۹

۶-۲- تعیین جایگاه تکتونیکی ۹۹

۶-۲-۱- نمودار TiO_2 در مقابل Al_2O_3 و Zr/Al_2O_3 در برابر TiO_2/Al_2O_3 ..... ۹۹

۶-۲-۲- نمودار Y در برابر Zr (Muller & Groves, 1997) ۱۰۰

۶-۲-۳ - نمودار تکتونیکی Rb-Y+Nb , Nb-Y (Pearce et al, 1984) ۱۰۱

۶-۲-۴- نمودار TiO_2 - Zr (Rogers et al, 1984) ۱۰۱

۶-۳- نمودارهای دوتایی تعیین منشأ سنگ‌های منطقه مورد مطالعه ۱۰۲

۶-۳-۱- نمودار Sr/Y در برابر Y (Defant & Drummond 1990) ۱۰۲

۶-۳-۲- نمودار Y در برابر Zr (Abu-Hamatteh, 2005) ۱۰۳

۶-۳-۳- نمودار Nb در برابر Zr (سان و مک دونوف، ۱۹۸۹) ۱۰۳

۶-۴- بررسی نقش آلایش پوسته‌ای در نمونه‌های مورد مطالعه ۱۰۴

۶-۵- نتیجه‌گیری ۱۰۴

فصل هفتم: نتیجه گیری

نتیجه گیری ۱۰۶

منابع

منابع فارسی ۱۱۱

منابع لاتین ۱۱۳

فهرست جداول

جدول ۴-۱- مشخصات و مختصات جغرافیایی محل برداشت نمونه‌های سنگی آنالیز شده..... ۵۰
جدول ۴-۲- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه به‌روشXRF در دانشگاه بن آلمان (Bonn) ۵۱
جدول ۴-۳- نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه به‌روش ICP-MS در دانشگاه کیل آلمان(Keil) ۵۶
جدول ۴-۴- مقایسه ویژگی‌های ژئوشیمیایی سنگ‌های مورد مطالعه با ویژگی‌های ژئوشیمیایی مطرح شده توسط کاستیلو (۲۰۰۶) برای آداکیت‌ها ۷۹
جدول ۵-۱- داده‌های ایزوتوپی Sr، Nd و Hf برای نمونه‌های مورد مطالعه ۸۷
جدول ۵-۲- نسبت‌های ایزوتوپی سرب ۸۸

فهرست اشکال

شکل ۱-۱- الف- نقشه پهنه‌های رسوبی - ساختاری عمده ایران (آقانباتی،۱۳۸۳) و ب- نقشه زیر پهنه‌های ایران مرکزی (علوی، ۱۹۹۱) ۳

شکل۱- ۲- الف- گنبد داسیتی ماهرخ‌کوه (دید به سمت شمال) و ب-گنبد داسیتی زهان (دید به سمت شمال) ۴

شکل ۱-۳- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و راه‌های دسترسی به آن ۵

شکل ۱-۴- تصویر ماهواره‌ای گنبدهای اصلی منطقه مورد مطالعه ۹

شکل ۲-۱- تقسیم‌بندی واحدهای ساختاری ایران از نظر نبوی (۱۳۵۵) ۱۴

شکل ۲-۲- نقشه زمین‌شناسی منطقه مشکان با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی سبزوار و مشکان و بازدیدهای صحرائی انجام شده. ۱۶

شکل۲-۳- نمایی از گنبد داسیتی ماهرخ‌کوه و واحد شیلی- مارنی در اطراف آن (دید به سمت شمال).. ..... ۲۰

شکل۲-۴- نمایی از گنبد تراکی‌آندزیتی قوچ‌خوار و واحد شیلی- مارنی در اطراف آن (دید به سمت شمال).. ..... ۲۰

شکل۲-۵- حضور انکلاو واحد شیلی- مارنی در سنگ‌های داسیتی ماهرخ‌کوه ۲۱

شکل۲-۶- حضور انکلاو مارنی در سنگ‌های داسیتی ماهرخ‌کوه ۲۱

شکل ۲-۷- حضور آمفیبول‌های کشیده و ایجاد ساخت جریانی در سنگ‌های داسیتی گنبد کاهان. ۲۲

شکل ۲-۸- حضور آمفیبول‌های درشت و کشیده در سنگ‌های داسیتی گنبد کاهان. ۲۲

شکل۲-۹- نمایی از گنبد ماهرخ کوه (دید به سمت شمال). ۲۳

شکل۲-۱۰- حضور انکلاوهای رسوبی در گنبد داسیتی ماهرخ کوه ۲۳

شکل۲-۱۱- نمایی از گنبد داسیتی زهان (دید به سمت شرق) ۲۳

شکل۲-۱۲- نمایی از گنبد داسیتی زهان (دید به سمت شمال) ۲۳

شکل۲-۱۳- نمایی از واحدهای رسوبی اطراف گنبد تراکی‌آندزیتی قوچ‌خوار ۲۴
شکل۲-۱۴- نمایی از گنبد تراکی‌آندزیتی قوچ‌خوار در اطراف روستای اردنج (دید به سمت شرق) ۲۴
شکل ۲-۱۵- حضور آمفیبول‌های کشیده و ایجاد ساخت جریانی در گنبد داسیتی کاهان ۲۵
شکل ۲-۱۶- نمایی از ساختار قارچی و ستونی در گنبد داسیتی کاهان. ۲۵
شکل ۳-۱- بافت اینترسرتال در میکروگابروی داراب، میکروفنوکریست‌های پیروکسن و کانی اپک در بین پلاژیوکلازها مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۱
شکل ۳-۲-پیروکسن با بافت غربالی در میکروگابروی داراب، کلریت در فضای بین پلاژیوکلازها مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۱
شکل ۳-۳- بافت میکرولیتیک پورفیری جریانی و وفور فنوکریست‌های الیوین و پیروکسن در الیوین‌بازالت ملک‌آباد، ادخال‌هایی از کانی‌های اپک در فنوکریست‌های پیروکسن دیده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر) ۳۱
شکل ۳-۴- بافت میکرولیتیک پورفیری جریانی و وفور فنوکریست‌های الیوین و پیروکسن در الیوین‌بازالت ملک‌آباد، بلورهای ریز الیوین و پیروکسن بصورت گرد و مدور در زمینه سنگ نیز مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰) ۳۱
شکل ۳-۵- مگاکریست پیروکسن در بین میکرولیت‌های پلاژیوکلاز که از مرکز دچار آلتراسیون شده است (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر)..... ۳۱
شکل ۳-۶- فنوکریست‌های پیروکسن در فضای بین پلاژیوکلازها به کانی‌های ثانویه‌ای همچون کلریت، اپیدوت و سریسیت تبدیل شده‌اند (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر)..... ۳۱
شکل ۳-۷-مگاکریست پلاژیوکلاز با بافت غربالی در میکرودیوریت چهارگوشلی، پلاژیوکلاز دارای بافت غربالی بوده و از حواشی دچار خوردگی شده‌است (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر)....۳۴

شکل ۳-۸- فنوکریست‌های پلاژیوکلاز در میکرودیوریت چهارگوشلی، که به کانی‌های ثانویه تبدیل شده‌اند (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۴
شکل ۳-۹- فنوکریست پلاژیوکلاز با بافت غربالی و ادخال‌هایی از آمفیبول دگرسان که حاکی از تقدم تبلور آمفیبول می‌باشد (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۴
شکل ۳-۱۰- ساختمان منطقه‌ای در فنوکریست پلاژیوکلاز با ریزبلورهای آمفیبول سوخته در آندزیت (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۴
شکل ۳-۱۱- فنوکریست‌های پلاژیوکلاز و آمفیبول در آندزیت چکنه، ریزبلورهای آمفیبول سوخته در زمینه مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۴
شکل ۳-۱۲- ساختمان منطقه‌ای در فنوکریست پلاژیوکلاز در آندزیت چکنه، ریزبلورهای آمفیبول سوخته در زمینه مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۴
شکل ۳-۱۳- فنوکریست‌ها و ریزبلورهای آمفیبول سوخته در آندزیت، که در جهت جریان قرار گرفته‌اند (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۵
شکل ۳-۱۴- فنوکریست‌های یوهدرال و سوزنی آمفیبول سوخته در آندزیت، که در جهت جریان قرار گرفته‌اند (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۵
شکل ۳-۱۵- فنوکریست‌های آمفیبول سوخته در آندزیت، شدت اکسیداسیون در مقاطع مختلف یکسان نیست (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۵
شکل ۳-۱۶- فنوکریست‌ها و ریزبلورهای آمفیبول در آندزیت، که به اکسید آهن دگرسان شده‌اند (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۵
شکل ۳-۱۷- فنوکریست شش ضلعی و سوخته آمفیبول در آندزیت، ریزبلورهای آمفیبول سوخته در زمینه مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۵
شکل ۳-۱۸- فنوکریست‌های آمفیبول در آندزیت، که فقط در حاشیه دچار سوختگی شده‌اند (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۵

شکل ۳-۱۹- فنوکریست‌های پلاژیوکلاز با بافت غربالی و ماکل کارلسباد در تراکی‌آندزیت، آمفیبول‌ها کلریتی شده و ریزبلورهای پلاژیوکلاز و کوارتز در زمینه مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۸
شکل ۳-۲۰- فنوکریست پلاژیوکلاز با زونینگ و ماکل کارلسباد در تراکی‌آندزیت، آمفیبول سوخته نیز در مقطع مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۸
شکل ۳-۲۱- فنوکریست آمفیبول در تراکی‌آندزیت، که به صورت نوار باریکی در حاشیه دچار سوختگی شده است، ریزبلورهای پلاژیوکلاز و کوارتز در زمینه مشاهده می‌شوند (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۸
شکل۳-۲۲- اپیدوت و کلسیت و اثراتی از پیروکسن‌ها بین پلاژیوکلازها مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۳۸
شکل ۳-۲۳- مایع مخلوط نشدنی در فنوکریست پلاژیوکلاز در داسیت، زونینگ و بافت غربالی در سمت راست مقطع مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۱
شکل ۳-۲۴- ماکل کارلسباد، بافت غربالی و آثار مایع مخلوط نشدنی در فنوکریست پلاژیوکلاز موجود در داسیت، بلورهای آمفیبول سوخته نیز در مقطع مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۱
شکل ۳-۲۵- ساختمان منطقه‌ای و ماکل کارلسباد فنوکریست پلاژیوکلاز در داسیت، بلورهای آمفیبول سوخته نیز در مقطع مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۱
شکل ۳-۲۶- ماکل کارلسباد در فنوکریست پلاژیوکلاز موجود در داسیت، بلورهای آمفیبول با حاشیه سوخته نیز در مقطع مشاهده می‌شود(XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۱
شکل ۳-۲۷- ساختمان منطقه‌ای و ماکل کارلسباد بلورهای پلاژیوکلاز در داسیت، بلورهای آمفیبول نیز در مقطع مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۱
شکل ۳-۲۸- فنوکریست پلاژیوکلاز با بافت غربالی، بلورهای بی‌شکل کوارتز همراه با پلاژیوکلاز وآمفیبول‌های سوخته نیز در مقطع مشاهده می‌شوند (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۱

شکل ۳-۲۹- مگاکریست آمفیبول در گنبد داسیتی ماهرخ‌کوه با حاشیه سوخته، ریزبلورهای آمفیبول سوخته نیز در مقطع مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۲
شکل ۳-۳۰- فنوکریست آمفیبول با حاشیه سوخته، ریزبلورهای آمفیبول سوزنی سوخته نیز در زمینه مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۲
شکل ۳-۳۱- فنوکریست آمفیبول سوخته در گنبد داسیتی زهان، ریزبلورهای آمفیبول سوخته نیز در مقطع مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۲
شکل ۳-۳۲- فنوکریست بزرگ و کشیده آمفیبول سوخته در گنبد داسیتی زهان، ریزبلورهای آمفیبول سوخته نیز در زمینه مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۲
شکل ۳-۳۳- فنوکریست درشت سانیدین با بافت غربالی در گنبد داسیتی ماهرخ‌کوه، میکرولیت‌ها و بلورهای پلاژیوکلاز نیز مشاهده می‌شوند (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۲
شکل ۳-۳۴- فنوکریست درشت سانیدین در کنار آمفیبول و کانی‌های اپک، ریز بلورهای آمفیبول و پلاژیوکلاز دگرسان نیز در زمینه مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر)..... ۴۲
شکل ۳-۳۵- فنوکریست درشت سانیدین با بافت غربالی در گنبد داسیتی ماهرخ‌کوه، ریز بلورهای بیوتیت و آمفیبول سوزنی در زمینه مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر).... ۴۳
شکل ۳-۳۶- دگرسانی فنوکریست‌های آمفیبول غنی از آهن و تجزیه آن‌ها به اکسید آهن، (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۳
شکل ۳-۳۷- دگرسانی در داسیت و تشکیل کانی‌های ثانویه‌ای همچون کلریت و کلسیت، (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۳
شکل ۳-۳۸- انکلاو گابرویی در داسیت چهارگوشلی، پلاژیوکلازها دگرسان شده ولی پیروکسن ها سالم باقی مانده است (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۵
شکل ۳-۳۹- انکلاو گابرویی در داسیت چهارگوشلی، انکلاو گابرویی در گوشه بالا سمت چپ و داسیت در گوشه پایین سمت راست مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر). ۴۵

شکل ۳-۴۰- انکلاو سیلتستونی در گنبد داسیتی کاهان، ریزبلورهایی از کوارتز و کانی‌های رسی با ماتریکس اکسید آهن در انکلاو مشاهده می‌شود (XPL، بزرگنمایی ۴۰ برابر)..... ۴۵
شکل ۴-۱- موقعیت نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در نمودار طبقه‌بندی سنگ‌های آتشفشانی با استفاده از پارامترهای R_1-R_2 (دولارش و همکاران، ۱۹۸۰)..... ۶۳
شکل ۴-۲- موقعیت نمونه‌های منطقه مورد مطالعه در نمودار طبقه‌بندی لوباس (۱۹۸۶)..... ۶۳
شکل ۴-۳- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی نمودار Zr/TiO_2 درمقابل SiO_2 (فلوید و وینچستر، ۱۹۷۷). ۶۴
شکل ۴-۴- نمودارهای درصد اکسیدهای عناصر اصلی در مقابل SiO_2 برای نمونه‌های مورد مطالعه ۶۸
شکل ۴-۵- نمودارهای عناصرکمیاب در مقابل SiO_2 برای نمونه‌های مورد مطالعه..... ۶۹
شکل ۴-۶- رفتار ژئو شیمیای نمونه های منطقه مورد مطالعه در نمودارهای تغییرات عناصر ناسازگار- ناسازگار و سازگار - ناسازگار ۷۰
شکل ۴-۷- نمودار AFM ایروین و باراگار (۱۹۷۱) و قرارگیری همه نمونه‌ها در محدوده سری کالک‌آلکالن. ۷۲
شکل ۴-۸- نمودار A/NK در مقابل A/CNK (شاند، ۱۹۴۳)، و قرارگیری اکثر نمونه‌ها در محدوده متاآلومین..... ۷۲
شکل ۴-۹- نمودار Y در مقابل Zr (لومتر و دیگران، ۱۹۸۹) و قرارگیری همه نمونه‌ها در محدوده سری کالک‌آلکالن ۷۲
شکل ۴-۱۰- نمودار درصد وزنی K_2O در مقابل SiO_2 (پکسریلو و تایلور، ۱۹۷۶) و قرارگیری اکثر نمونه‌ها در محدوده سری کالک‌آلکالن. ۷۲
شکل۴-۱۱- نمودار عنکبوتی عناصر نادرخاکی (REE) نورمالیز شده نسبت به کندریت برای گنبدهای مورد مطالعه..... ۷۴

شکل ۴-۱۲- نمودار چند عنصری نورمالیز شده نسبت به گوشته اولیه برای گنبدهای مورد مطالعه (سان و مک دونوف،۱۹۸۹) ۷۵
شکل۴-۱۳- نمودار عنکبوتی عناصر نادرخاکی (REE) نورمالیز شده نسبت به کندریت برای سنگ‌های میزبان گنبدهای مورد مطالعه (سان و مک دونوف، ۱۹۸۹) ۷۶
شکل ۴-۱۴- نمودار چند عنصری نورمالیز شده نسبت به گوشته اولیه برای سنگ‌های میزبان گنبدهای مورد مطالعه (سان و مک دونوف، ۱۹۸۹) ۷۶
شکل ۴-۱۵- نمودار Sr/Y در مقابل Y (دوفان و درومون، ۱۹۹۰) و موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی آن.....۷۹
شکل ۵-۱- نمودار تغییرات εNd(100) در مقابل εHf(100)، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده MORB و OIB واقع شده‌اند ۹۰
شکل ۵-۲- نمودار εNd در مقابل Sm/Nd، که همه نمونه‌ها در محدوده MORB و OIB قرار می‌گیرند ۹۱
شکل۵-۳ نمودار تغییرات $^{143}Nd/^{144}Nd$ در مقابل $^{176}Hf/^{177}Hf$ و قرارگیری همه نمونه‌ها در محدوده OIB ۹۱
شکل۵-۴ نمودار تغییرات εHf در مقابل εNd Handley et al (2011).....۹۲
شکل۵-۵ نمودار تغییرات εHf در مقابل εNd Vervoort et al (1999).....۹۲
شکل ۵-۶-A- نمودار همبستگی ایزوتوپی $^{143}Nd/^{144}Nd$ در مقابل $^{206}Pb/^{204}Pb$، و B- نمودار همبستگی ایزوتوپی $(^{87}Sr/^{86}sr)i$ در مقابل $^{206}Pb/^{204}Pb$ برای نمونه‌های مورد مطالعه ۹۵
شکل ۵-۷-A- نمودار همبستگی ایزوتوپی $^{207}Pb/^{204}Pb$ در مقابل $^{206}Pb/^{204}Pb$، و B- نمودار همبستگی ایزوتوپی $^{208}Pb/^{204}Pb$ در مقابل $^{206}Pb/^{204}Pb$ برای نمونه‌های مورد مطالعه.....۹۶
شکل ۵-۸-A نمودار همبستگی ایزوتوپی $(^{87}Sr/^{86}sr)_i$ در مقابل ε_{Ndi} برای نمونه‌های مورد مطالعه و B- نمودار همبستگی $^{143}Nd/^{144}Nd$ در مقابل $(^{87}Sr/^{86}sr)_i$ ۹۷

شکل ۶-۱- موقعیت سنگ‌های مورد مطالعه در نمودارهای TiO_2 در مقابل Al_2O_3 و Zr/Al_2O_3 در برابر TiO_2/Al_2O_3 (Muller & Groves,1997) ۱۰۰

شکل ۶-۲- تعیین محیط تکتونیکی نمونه‌های مورد مطالعه بر اساس نمودار Y-Zr ۱۰۰

شکل ۶-۳- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار تکتونیکی Nb-Y و Rb-Y + Nb ۱۰۱

شکل ۶-۴- موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه در نمودار TiO_2- Zr ۱۰۲

شکل ۶-۵- نمودار Sr/Y در مقابل Y (دوفان و درومون، ۱۹۹۰) و موقعیت نمونه‌های مورد مطالعه بر روی آن بر اساس داده‌های تجزیه شیمیایی در دانشگاه کیل آلمان..... ۱۰۳

شکل ۶- ۶- نمودار Y در مقابل Zr برای نمونه‌های منطقه مورد مطالعه (Abu-Hamatteh, 2005) ۱۰۴

شکل ۶- ۷- نمودار Nb در مقابل Zr برای نمونه‌های منطقه مورد مطالعه (سان و مک دونوف، ۱۹۸۹) ۱۰۴