Archive of SID

Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Vol.10, No.1, 1381/2002 Spring

CLASSIFICATION OF AMPHIBOLES FROM IRON ORE DEPOSITES, SANGAN AREA, KHAF

Mazaheri, S. A.
Department of Geology, Faculty of Scieces, Ferdowsi University of Mashhad
mazaheri@ferdowsi.um.ac.ir

Key words: *Amphibole, Sangan Khaf, granitoid, garnet-pyroxene skarn, amphibole skarn, ferroedenite, hastingsite and ferroactinolite.*

Abatract: Skarn occuring in the Sangan area was formed within two different rock groups: graitoids and skarns. Based on the new amphibole classification and nomenclature, the general formula of amphibols is $(AB_2C_5T_8O_{22}OH)_2$. Amphibole of granitoids is a ferroedenite in which Si = 6.87 - 7.75, $Ca_B > 1.5$, $(Na+K)_A > 0.5$ and Ti < 0.5. Skarn amphiboles are mostly developed within amphibole skarns and garnet-pyroxene skarns during retrograde stage of skarn evolution. High-temperature amphiboles are rich in Al while low-temperature amphiboles are poor in Al. Skarn amphiboles are classified in two groups: (a) hastingsite in which Si = 5.99 - 6.08, $Ca_B > 1.5$, $(Na+K)_A > 0.5$, Ca < 0.5 and Al < Fe^{+3}. (b) ferroactinolite in which Si = 7.61 - 7.90, $Ca_B > 1.5$, $(Na+K)_A < 0.5$ and $Ca_A < 0.5$. Amphibole in (a) is Al-rich while amphibole in (b) is Al-poor.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]

www.SID.ir

Archive of SID

مجلهٔ بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال دهم، شمارهٔ یک، بهارو تابستان ۱۳۸۱ از صفحهٔ ۶۷ تا ۸۰

پژوهشی

رده‌بندی آمفیبول‌های کانسار سنگ آهن ناحیه سنگان خواف

سیداحمد مظاهری

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد

(دریافت مقاله ۱۳۸۰/۱۲/۱۲ دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۱/٤/۲۲)

چکیده: آمفیبول‌های ناحیهٔ سنگان خواف در دوگروه سنگی گرانیتوئیدها و اسکارن‌ها به وجود آمده‌اند.براساس رده بندی جدید و با توجه به فرمول عمومی‌آمفیبول‌ها $AB_2C_5T_8O_{22}(OH)_2$، آمفیبول در سنگهای گرانیتوئیدی با مشخصات $Si=6,87-7,75$، $Ca_B>1,5$، $(Na+K)_A>0,5$ ، $Ti<0,5$ ، هورنبلند از نوع فروادنیت (ferroedenite) می باشد. آمفیبول‌های موجود در اسکارن‌ها، بیشتر در آمفیبول اسکارن‌ها و گارنت پیروکسن اسکارن‌ها در مرحلهٔ پسروندگی تکامل اسکارن‌ها بوجود آمده‌اند. آمفیبول‌های با دمای بالا، غنی از Al و با دماهای پائین، فقیر از Al هستند. آمفیبول‌های موجود در اسکارن‌ها به دو دسته تقسیم می شوند: (الف) هاستینگزیت (hastingsite) با مشخصات $Si=5,99-6,08$ ، $Ca_B>1,5$، $(Na+K)_A>0,5$، $Ca<0,5$، $Al<Fe^{+3}$ و (ب) فروآکتینولیت (ferroactinolite) با مشخصات $Si=7,61-7,90$، $Ca_B>1,5$، $(Na+K)_A<0,5$ ، $Ca_A<0,5$. آمفیبول نوع الف غنی از Al و نوع (ب) فقیر از آن است.

واژه‌های کلیدی: آمفیبول، سنگان خواف، گرانیتوئید، گارنت پیروکسن اسکارن، آمفیبول اسکارن، فروادنیت، هاستینگزیت، و فروآکتینولیت.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]

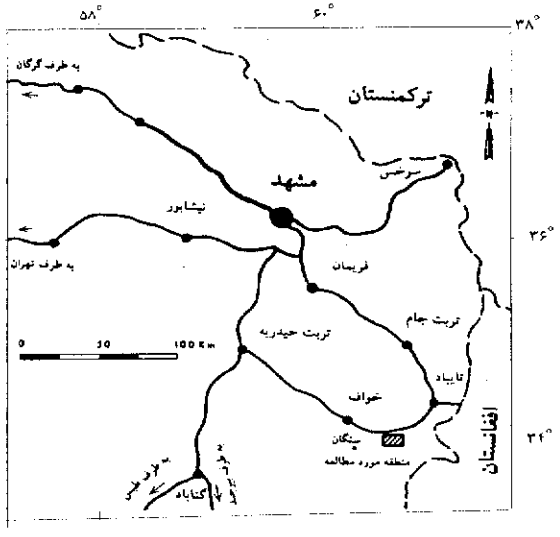
www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

ناحیهٔ سنگان در جنوب شهر خواف در ۲۹۰ کیلومتری جنوب شرق مشهد واقع است، (شکل ۱). به سنگهای آهکی کرتاسه بالایی این ناحیه، پلوتون گرانیتوئیدی سرنوسر (نوع I) با سن احتمالی ائوسن پسین تا الیگوسن پیشین نفوذ کرده اند [۱۴]، (شکل ۲). اسکارن‌های سنگان به چهار منطقه A (غربی)، C (مرکزی) D و R (شرقی) تقسیم شده‌اند [۳]. بر مبنای فراوانی کانیها، ترتیب قرار گرفتن اسکارن‌ها از پلوتون به ترتیب عبارتند از زون‌های گارنت اسکارن، گارنت پیروکسن اسکارن، آمفیبول اسکارن واسکاپولیت اسکارن. آمفیبول اسکارن بیشتر با گارنت پیروکسن اسکارن و گارنت اسکارن همراه است (شکل ۳). در بعضی از مناطق چهارگانه بالا یک یا دو زون غایب است [۳].

گرانیت ها، کوارتز مونزونیت‌های تفریق نیافته و سنگهای میکروگرانیتی، متداولترین سنگهای گرانیتوئیدی در ناحیه سنگان را تشکیل می دهند. گرانیت سرنوسر یک هورنبلند-بیوتیت گرانیت است [۷]. در ناحیهٔ C هورنبلند بیشتر از بیوتیت است در صورتیکه در ناحیهٔ A بیوتیت کمتر از هورنبلند است [۱۴].



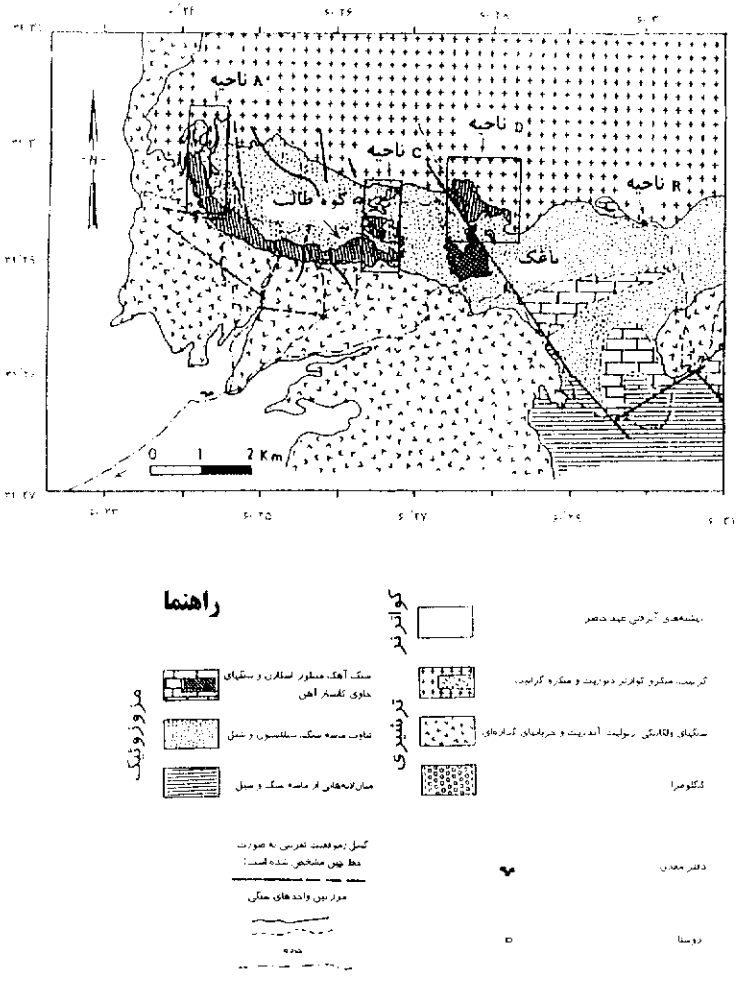
شکل۱- موقعیت و راههای رسیدن به منطقه مورد مطالعه.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]

www.SID.ir

Archive of SID

اسکارن‌های سنگان در دو مرحله اولیه با دمای بالا یا پیشرونده (II,I) و دو مرحله ثانویه با دمای پائین یا پسرونده (IV,III) بوجود آمده اند. در مرحلهٔ I گارنت آندرادیتی و در مرحلهٔ II مجموعهٔ آندرادیتی - هدنبرگیتی به وجود آمده‌اند. مرحلهٔ III عمدتاً با آمفیبولهای غنی از Al و مرحلهٔ IV با آمفیبول‌های کم Al، کلریت، و مگنتیت مشخص می‌شود [۳].



شکل ۲- نقشه زمین شناسی ناحیه سنگان براساس نقشه ۱:۲۰۰۰۰ شرکت ملی نفت ایران (۱۹۹۰). مناطق چهارگانه A، C، D و R در نقشه مشخص است.

www.SID.ir

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]

Archive of SID

شکل ۳- آمفیبول اسکارن‌ها (رنگ تیره) در میان گارنت پیروکسن اسکارن ها درناحیه C. (طول قلم به عنوان مقیاس ۱٤/٥ سانتی‌متر است).

روش مطالعه

نمونه‌هایی از گرانیتوئیدهای حاوی آمفیبول (گرانیت سرنوسر) و نیز نمونه‌هائی از آمفیبول اسکارن، گارنت پیروکسن اسکارن و گارنت اسکارن‌های حاوی بلورهای آمفیبول انتخاب شدند. مقاطع نازک این نمونه ها به دقت با میکروسکوپهای تحقیقاتی دانشگاه ولنگانگ در استرالیا و دانشکدهٔ علوم پایه ، در دانشگاه فردوسی مشهد مورد مطالعه قرار گرفتند و از آن میان نمونه‌هائی برای بررسی به روش الکترون مایکروپروب انتخاب شدند. اطلاعات لازم با استفاده از نگارندهٔ دستگاه الکترون مایکروپروب CAMEBAX CAMECA در دانشکده تحقیقات علوم زمین، (RSES)، دانشگاه ملی استرالیا، (ANU) در شهر کانبرا و در مؤسسهٔ CSIRO در North Ryde، سیدنی و نیز دستگاه الکترون مایکروپروب نوع CAMECA SX-50 آزمایشگاههای مرکزی شرکت فولاد استرالیا (BHP) در شهر ولنگانگ گردآوری شدند.اطلاعات نقل شده از [٦] در مرکز تحقیقات معدنی دانشگاه تاسمانیای شهر هوبارت استرالیا، و [٨] در دانشگاه یاماگاتای ژاپن انجام گرفته بودند. اکثر نمونه‌ها به روش EDS در ۰٫٥ KV و ٤٫۳ nA تجزیه شدند. تعدادی از نمونه‌ها به روش WDS تجزیه شدند. قطر تنظیم‌شدهٔ باریکهٔ الکترون مایکروپروب ۱ تا ٥ میکرون بوده است . میزان آهن در نتایج الکترون مایکروپروب به صورت آهن کل (FeO) گزارش می‌شود. آهن سه ظرفیتی با نرم‌افزار

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]

Archive of SID

رایانـه ای Probe بـا اسـتفاده از فرمول شماره ۳ Droop [۱۰] تخمین زده شده. نتیجهٔ تجزیهٔ نمونه‌های آمفیبول‌های ناحیهٔ سنگان در جدول ۱ نشان داده شده‌اند.

سنگ شناسی

الف - سنگ‌های گرانیتوئیدی

مطالعـه میکروسـکوپی گرانیتوئـیدها نشـان دادکـه این سنگها حاوی کوارتز، اورتوکلاز (معمولاً پرتیتی با رشد توأم میکروگرانوفیری)، پلاژیوکلاز (An_{25-35})، بیوتیت قهوه‌ای، و هورنبلـند سـبز بـه صورت شکل‌دار و نیمه شکل‌دار هستند. اسفن، زیرکان، و آپاتیت کانی‌های فرعی معمولی و سرسیت، کلریت، اکتینولیت، پیریت و کالکوپیریت کانی‌های ثـانوی معمولـی و کائولـن و هیدروکسـیدهای آهـن دانـه ریـز محصـولات هـوازدهٔ گرانیتوئـیدها را تشـکیل می دهند. هورنبلندها در بعضی از میکروگرانیتوئیدها به اسفن، بیوتیـت و کلریـت دگرسـان شـده‌اند. جانشینی هورنبلند با اکتینولیت نیز بسیار متداول است.

ب - اسکارن‌ها

آمفیبول اسکارن‌ها حاوی هورنبلند (بیشتر هاستینگزیت)، کلسیت، کوارتز، مگنتیت و به نـدرت اپـیدوت ± فلدسپات پتاسیم ± بیوتیت به صورت شکل‌دار و نیمه شکل‌دارند. اسفن و آپاتیت از کانی‌های فرعی معمولی هستند. بیشتر آمفیبول اسکارن‌های ناحیهٔ C، غنی از پیریت هستند.

روابـط بافتـی نشـان می‌دهند که دو نسل از آمفیبول‌هادر سنگ حضور دارند. نسل اول آمفیـبول‌هـای غنـی از Al (بـا بـیش از ۱۲٫۶۸ درصـد وزنـی Al_2O_3) بـا ترکیـب هاستینگزیتند که یا جانشین گارنت و کلینو پیروکسن شده‌اند و یا به صورت بین دانه‌ای در مـیان آنهـا دیـده می‌شوند. این آمفیبول‌ها با کوارتز ، فلدسپات پتاسیم و به ندرت با پلاژیوکـلاز و کلسـیت همراهـند. نسـل دوم آمفیـبول های فقیر از Al (با بیش از ۲٫۰۳ درصـد وزنـی Al_2O_3) با ترکیب فرواکتینولیتند که به صورت پراکنده از دگرسانی کلینو پیروکسن‌ها (هدنبرگیت) و یا آمفیبول‌های غنی از Al (نسل اول) به وجود آمده‌اند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]
www.SID.ir

Archive of SID

آمفیبول‌های نسل اول به صورت کامل، یا بخشی جانشین پیروکسن‌ها شده، و یا به صورت یک حاشیه، جانشین بلورهای پیروکسن و یا گارنت شده‌اند. زودومورف این آمفیبول‌هابه جای پیروکسن به طور محلی دیده می‌شود.

آمفیبول‌های نسل دوم بیشتر به صورت آگرگات‌های شعاعی به وجود آمده‌اند که از بلورهای منشوری شکل‌دار، به رنگ سبز کمرنگ تا سبز یا سبز متمایل به آبی تشکیل شده‌اند.

گارنت اسکارن‌ها حاوی بلورهای شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار گارنت‌های زون‌دار، گاه با ضمیمه‌هایی از اپیدوت هستند. مقادیر متفاوتی از کلسیت، کوارتز، بیوتیت، آمفیبول، کلریت، مگنتیت، و گاه سولفیدها نیز در آنها دیده می‌شوند. جانشینی گارنت اسکارن‌ها به وسیلهٔ آگرگات‌هایی از هاستینگزیت و مگنتیت بسیار معمول است.

گارنت کلینوپیروکسن‌اسکارن اساساً حاوی گارنت، کلینوپیروکسن، کلسیت، کوارتز، اسکاپولیت همراه با فلدسپات پتاسیم ± پلاژیوکلاز و مگنتیت است. بیوتیت و آمفیبول از کانی‌های پسرونده هستند. اسفن، آپاتیت و زیرکان از کانی های متداول فرعی و هماتیت محصول معمول هوازده اند. جانشینی کلینوپیروکسن به وسیلهٔ فرواکتینولیت و جانشینی گارنت و پیروکسن به وسیلهٔ آمفیبول نوع هاستینگزیت بسیار متداول است.

شیمی آمفیبول‌ها

در رده بندی جدید [۱۲] فرمول عمومی آمفیبول‌ها به صورت $AB_2C_5T_8O_{22}(OH)_2$ است. آمفیبول‌های ناحیه سنگان خواف (جدول ۱) در دو گروه متفاوت به وجودآمده‌اند. گروه اول در سنگهای گرانیتوئیدی (کوه سرنوسر) که آمفیبول آن هورنبلند نوع فروادنیت (ferroedenite) با مشخصات Si=۶٫۸۷-۷٫۷۵، Ca_B>۱٫۵، $(Na+K)_A$>۰٫۵ و Ti<۰٫۵ است. آمفیبول‌های گروه دوم در اسکارن‌ها (آمفیبول اسکارن‌ها، گارنت اسکارن‌ها وگارنت پیروکسن اسکارن‌ها) در مرحلهٔ پسروندگی تکامل اسکارن‌ها تشکیل شده‌اند. انواع با دماهای بالا، غنی از Al و انواع با دماهای پائین از نظر Al فقیرند. آمفیبول‌های موجود در اسکارن‌ها به دو دسته تقسیم می شوند:

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]
www.SID.ir

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]

اکسیدها (عنصرها)	M-9146	M-9169	M-9163	M-9032	M-9136	M-9182	M-9033	M-9153	M-9058	K-9911	K-9912	B-9516	B-9540	M-9017	M-9011	M-9080
SiO_2	۴۷/۳۰	۴۸/۶۷	۴۸/۲۴	۴۹/۹۹	۴۹/۷۵	۳۶/۹۷	۴۸/۹۴	۳۶/۵۰	۳۶/۵۷	۳۸/۷۳	۳۸/۳	۳۸/۸	۳۸/۸	۵۱/۶۴	۵۱/۰۳	۵۱/۸۵
TiO_2	<۰/۰۹	۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	۰/۲۳	۰/۰۹	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹
Al_2O_3	۲/۰۳	۱/۳۹	۱/۹۲	۰/۶۹	۱/۸۷	۱۰/۹۸	۱/۵۰	۱۰/۷	۱۲/۶۸	۹/۹۸	۹/۳۶	۱/۶۳	۱/۸۵	۰/۹۲	۱/۰۱	۰/۹۸
Cr_2O_3	<۰/۰۹	۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹	<۰/۰۹
Fe_2O_3	۱/۲۲	۱/۵۴	۱/۹۵	۰/۴۷	۳/۲۸	۶/۰۲۸	۲/۹۷	۷/۶۷	۴/۱۹	۰/۹۴	۰/۰۹	۲/۹۴	۲/۶۵	۰/۵	۰/۰۶	۰/۰۸
FeO	۳۰/۷۰	۲۹/۳۴	۲۷/۶۳	۲۸/۸۰	۲۲/۲۵	۲۶/۷۷	۲۶/۹۸	۲۶/۲۳	۲۵/۳۰	۳۱/۹۳	۳۱/۲۸	۳۰/۳۲	۲۸/۰۵	۲۴/۰۹	۲۵/۰۰	۲۳/۸۴
MnO	۰/۳۶	۰/۲۷	<۰/۱۱	۰/۲۵	<۰/۱۱	۰/۲۶	۰/۱۲	۰/۲۷	۰/۳۵	۰/۵۸	۰/۵۱	۰/۵۱	۰/۶۵	<۰/۱۱	<۰/۱۱	<۰/۱۱
MgO	۳/۵۶	۳/۹۴	۴/۸۷	۵/۰۴	۸/۰۳	۱/۲۵	۴/۶۴	۱/۵۳	۲/۵۱	۲/۰۱	۲/۲۳	۱/۶۸	۱/۲۵	۸/۰۸	۸/۸۸	۷/۹۳
CaO	۱۱/۳۷	۱۱/۴۷	۱۱/۶۱	۱۱/۸۳	۱۱/۶۵	۱۱/۰۸	۱۰/۷۳	۱۱/۴۶	۱۱/۹۱	۱۱/۵۴	۱۲/۳۷	۱۲/۲۸	۱۱/۲۰	۱۱/۳۴	۱۱/۱۱	۱۱/۸۱
Na_2O	۰/۵۹	۰/۶۲	۰/۶۹	۰/۴۸	۰/۸۰	۱/۴۹	۰/۹۴	۱/۳۰	۱/۷۱	۱/۱۰	۱/۱۲	۰/۸۶	۱/۳۱	۰/۹۷	۱/۰۱	۰/۹۳
K_2O	۰/۳۳	۰/۳۱	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۲	۲/۶۵	۰/۱۹	۲/۶۹	۲/۱۰	۲/۰۲	۲/۰۳	۱/۱۱	۲/۴۹	۰/۹	۰/۱۱	۰/۱۳
جمع	۹۶/۳۵	۹۷/۵۵	۹۷/۰۹	۹۷/۷۲	۹۷/۹۶	۹۷/۷۳	۹۷/۰۱	۹۸/۳۴	۹۷/۵۵	۹۸/۳	۹۶/۳۶	۹۸/۲۷	۹۶/۸۳	۹۷/۱۸	۹۷/۷۲	۹۷/۴۵
$Mg/(Mg+Fe^{+2})$	۰/۱۳	۰/۱۹	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۳۹	۰/۰۸	۰/۲۳	۰/۰۹	۰/۱۵	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۹	۰/۰۷	۰/۳۷	۰/۴۰	۰/۳۷
تعداد یون‌ها بر اساس ۲۳ اکسیژن (O)																
Si	۷/۶۵	۷/۷۲	۷/۶۲	۷/۸۳	۷/۶۱	۶/۰۸	۷/۷۱	۵/۹۹	۵/۹۴	۶/۴۲	۶/۳۹	۷/۰۳	۶/۳۹	۷/۹۰	۷/۸۵	۷/۹۱
Al^{IV}	۰/۳۵	۰/۲۸	۰/۳۸	۰/۱۵	۰/۳۸	۱/۹۲	۰/۲۹	۱/۰۲	۲/۰۶	۱/۵۶	۱/۶۱	۰/۹۷	۱/۷۱	۰/۱۰	۰/۱۵	۰/۰۹
Al^{VI}	۰/۰۴	-	-	-	-	۰/۲۱	-	۰/۰۶	۰/۳۷	۲/۱	۲۳	۴/۰۹	۰/۳۹	۰/۰۷	۰/۰۳	۰/۰۹
Ti	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱	۰/۰۳	<۰/۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
Fe^{+3}	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۰۵	۰/۴۰	۰/۷۸	۰/۳۵	۰/۹۵	۰/۵۱			۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۰۱	<۰/۰۱	<۰/۰۱
Fe^{+2}	۴/۱۵	۳/۸۹	۳/۶۵	۳/۷۷	۲/۸۴	۳/۶۸	۳/۵۶	۳/۶۰	۳/۴۴	۴/۴۴	۴/۳۷	۴/۰۶	۳/۸۴	۳/۰۸	۳/۰۵	۳/۰۴
Mn	۰/۰۵	۰/۳۶	<۰/۰۱	۰/۰۳	<۰/۰۱	۰/۰۴	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Mg	۰/۶۱	۰/۹۳	۱/۱۵	۱/۱۸	۱/۸۳	۰/۳۰	۰/۰۹	۰/۳۷	۰/۶۱	۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۴۰	۰/۳۱	۱/۸۴	۲/۰۰	۱/۸۰
Ca	۱/۹۷	۱/۹۵	۱/۹۶	۱/۹۹	۱/۹۱	۱/۹۶	۱/۸۱	۱/۰۲	۲/۰۶	۰/۵۰	۰/۵۵	۰/۴۰	۰/۳۱	۱/۸۲	۱/۸۲	۱/۹۳
Na	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۱۵	۰/۲۲	۰/۴۷	۰/۲۹	۰/۴۱	۰/۵۲	۰/۵۰	۰/۵۳	۰/۹۸	۰/۹۷	۰/۸۲	۰/۳۹	۰/۲۷
K	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۵۶	۰/۰۴	۰/۰۵۶	۰/۰۴۳	۰/۰۳۵	۰/۰۳۶	۰/۰۲۷	۰/۰۳۹	۰/۰۳۹	۰/۰۲	۰/۰۲

جدول۱- نتایج تجزیه الکترون مایکروپروب نمونه های انتخاب شده از آمفیبول های ناحیهٔ سنگان خواف (تصحیحات به روش ZAF صورت گرفته است ، نمونه های با پیشوند M از Mazaheri (۱۹۹۵)، نمونه های با پیشوند K از کریم پور و دیگران (۱۳۷۹) ، و نمونه های با پیشوند B از Boumeri و دیگران (۱۹۹۷) است .

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

(الف) هاستینگزیت (hastingsite) با مشخصات Si=۵٫۹۹-۶٫۰۸، Ca_B>۱٫۵، $(Na+K)_A$>۰٫۵، Ca<۰٫۵ و $Al<Fe^{+3}$. هاستینگزیت‌های ناحیه A' ، مجاور تودهٔ گرانیتی، نوع غنی از کلر را تشکیل می دهند [۶]. ب) فرواکتینولیت (ferroactinolite) با مشخصات Si=۷٫۶۱-۷٫۹۰، Ca_B>۱٫۵، $(Na+K)_A$< ۰٫۵ و Ca_A<۰٫۵ آمفیبول نوع (الف) غنی از Al و نوع (ب) فقیر از Al است.

بحث

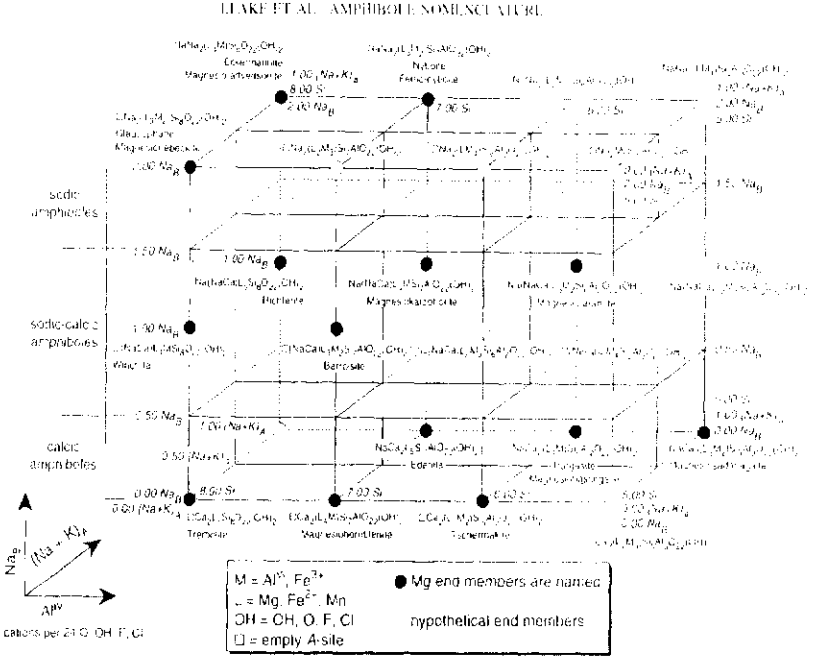
آمفیبول‌های سنگان در کارهای قبلی (مثلاً [۱]، [۶]، [۱۴]، [۳]، [۴] و [۲] بر اساس رده بندی Leake [۱۲] نامگذاری شده بود. بومری و دیگران [۸] نیز براساس رده بندی Leake [۱۲] و Howthorne [۱۱]، آمفیبول‌های سنگان را نامگذاری کرده بودند. انجمن بین المللی کانی‌شناسی رده بندی و نامگذاری آمفیبول‌ها را مورد تجدید نظر قرار داده است [۱۳]. اساس رده بندی جدید (شکل ٤)، فرمول شیمیایی استاندارد آمفیبول‌ها $AB_2C_5T_8O_{22}(OH)_2$ با ساختمان داخلی حاصل از زنجیرهای دوتایی سیلیکاتی یا Double Silicate Chains [۹] است. براساس رده بندی جدید آمفیبول‌های ناحیه سنگان همه در گروه کلسیک قرار می‌گیرند. خلاصهٔ ویژگی این گروه در زیر مورد بحث قرار می‌گیرد:

گروه آمفیبول‌های کلسیک (Calcic Amphilboles)، از جملهٔ آمفیبول‌های مونوکلین هستند که در آنها $(Ca+Na)_B$>۱، Na_B=۰٫۵-۱٫۵ و معمولاً Ca_B>۱٫۵ است. مهمترین تفاوت رده‌بندی جدید با رده بندی قبلی آن است که مرزهای آمفیبول‌های سدیک - کلسیک Na_B=۰٫۵ (قبلاً ۰٫۶۷) و Na_B=۱٫۵ (قبلا ۱٫۳٤) بوده اند .

از ویژگی‌های دیگر رده بندی جدید، تخمین Fe^{+3} در تجزیهٔ الکترون مایکروپروب آمفیبول هاست. درتجزیه الکترون مایکروپروپ، آهن به صورت FeO گزارش می شود. در کارهای قبلی، نگارنده [۱٤]، [۳] و [٤] محاسبات به روش Droop [۱۰] انجام گرفته بودند. نتایج تجزیهٔ الکترون مایکروپروپ آمفیبول‌های ناحیهٔ سنگان براساس رده بندی جدید [۱۳] انجام گرفت؛ در این محاسبه مقدار $X_{Mg}=Mg/(Mg+Fe^{+2})$ نیز اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- رده‌بندی کلی آمفیبول‌ها (به‌استثنای آمفیبول های Mg، Fe، Mn و Li)، پس از Leake و دیگران (۱۹۹۷).

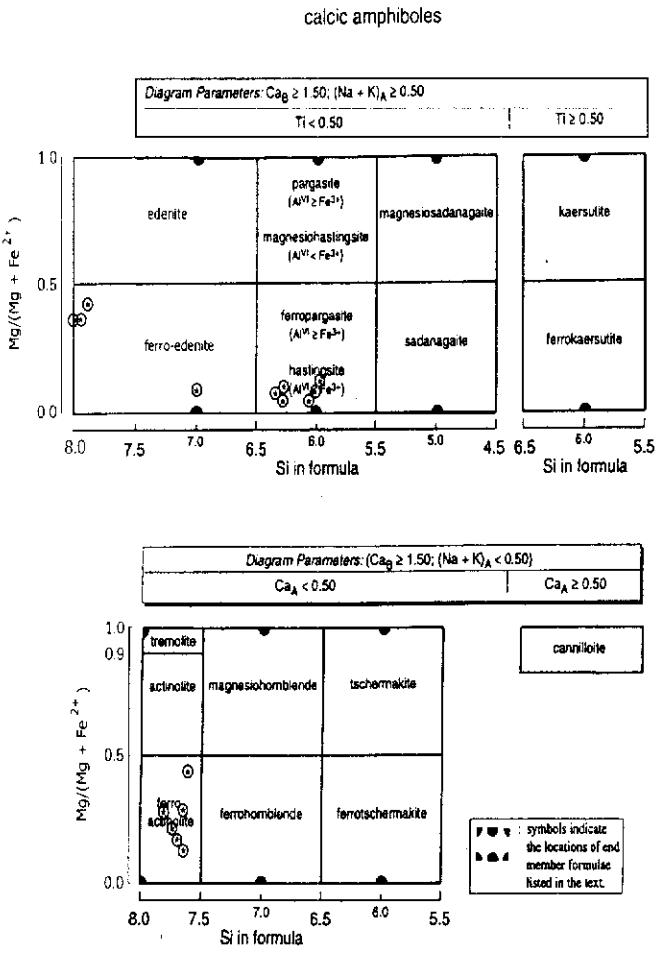
با داشتن مقادیر Si و X_{Mg}، آمفیبول‌ها روی نمودار آمفیبول‌های کلسیک قرار می‌گیرند (شکل ۵). به این ترتیب آمفیبول‌های ناحیه سنگان را می توان به دو گروه تقسیم کرد، یعنی آمفیبول‌های موجود در سنگهای گرانیتوئیدی، و آمفیبول‌های موجود در اسکارن‌ها. آمفیبول‌های موجود در سنگهای گرانیتوئیدی از نوع آمفیبول‌های کلسیک اند که با مشخصات Si=۶٫۸۷-۷٫۷۵ و Ca_B>۱٫۵ و $(Na+K)_A$۰٫۵ و Ti<۰٫۵ هورنبلند نوع فروادنیت (ferroedenite) است. آمفیبول‌های کلسیک موجود در اسکارن‌ها عمدتاً در آمفیبول اسکارن‌ها و درگارنت پیروکسن اسکارن‌ها دیده می شوند. این آمفیبولهانیز به گروه آمفیبولهای کلسیک تعلق دارند . آمفیبول‌های موجود دراسکارن‌ها به دو دستهٔ زیر تقسیم می شوند:

۱- هاستینگزیت (hastingsite) با مشخصات Si=۵٫۹۹-۶٫۰۸ و Ca_B>۱٫۵، ۰٫۵ A^{VI} Fe^{+3}

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- رده‌بندی آمفیبول‌ها کلسیک، پس از Leake و دیگران (۱۹۹۷). نمونه‌های جدول ۱ با ستاره (⊗) نشان‌داده شده اند.

۲- فروآکتینولیت (Ferroactinolite) با مشخصات Si=۷٫۶۱-۷٫۹۰ ، Ca_B>۱٫۵، Ca_A<۰٫۵ و $(Na+K)_A$<۰٫۵.

آمفیبول نوع ۱ از نوع با دمای بالا (آمفیبول غنی از آلومینیم) و آمفیبول نوع ۲ از نوع دمای پایین (آمفیبول فقیرازنظرآلومینیم) هستند. این آمفیبول‌ها در مرحلهٔ پسروندگی (retrogresion) تکامل اسکارن‌ها به‌وجود آمده‌اند [۱٤]. آمفیبول‌های انواع ۱ و ۲، هر دو به گروه آمفیبولهای کلسیک تعلق دارند.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]
www.SID.ir

Archive of SID

برداشت

در ناحیهٔ سنگان خواف دو نوع آمفیبول تشکیل شده‌اند.آمفیبول های موجود درسنگ‌های گرانیتوئیدی و آمفیبول های موجود دراسکارن‌ها. براساس رده بندی جدید و باتوجه به فرمول عمومی‌آمفیبول‌ها $AB_2C_5T_8O_{22}(OH)_2$، آمفیبول سنگهای گرانیتوئیدی با مشخصات: $Si=6,87-7,75$ ، $Ca_B>1,5$، $(Na+K)A>0,5$ و $Ti<0,5$، به گروه هورنبلندها تعلق داشته و از نوع فروادنیت (ferroedenite) است.

آمفیبول‌های موجود در اسکارن‌ها، بیشتر در آمفیبول اسکارن‌ها و گارنت پیروکسن اسکارن‌ها و آنهم در مرحلهٔ پسروندگی تکامل اسکارن‌ها به وجود آمده‌اند. این آمفیبول‌ها خود به دو گروه تقسیم می‌شوند: آمفیبول‌های با دمای بالا، که غنی از Al هستند و آمفیبول‌های با دمای پائین، که از نظر Al فقیرند. آمفیبول‌هایی که در اسکارن‌ها به وجودآمده‌اند به دو دسته تقسیم می شوند: (الف) هاستینگزیت (hastigsite) با مشخصات: $Si=5,99-6,08$، $Ca_B>1,5$ ، $(Na+K)_A<0,5$ و $Ca_A<0,5$ و $Al^{VI}<Fe^{-3}$ ب) فرواکتینولیت (ferroactinolite) با مشخصات: $Si=7,61-7,90$، $Ca_B>1,5$، $(Na+K)A<0,5$ و $Ca_A<0,5$. آمفیبول نوع (الف) از نظر Al غنی و آمفیبول نوع (ب) از نظر Al فقیر است.

قدردانی

از پروفسور Howard. W. Day استاد زمین شناسی دانشگاه کالیفرنیا، و همکاران محترم دکتر محمد حسن کریم پور و دکتر مرتضی رزم‌آرابه واسطهٔ راهنمائی هایشان و دکتر محمد غفوری به واسطهٔ تشویق‌هایش که نگارنده را درانجام این پژوهش یاری دادند سپاسگزارم.

مراجع

۱-کریم‌پور محمد حسن (۱۳۷۷): دما، نحوه تشکیل و پاراژنز مگنتیت در بخش های مختلف کانسار آهن سنگان خراسان.هفدهمین گرد همائی علوم زمین. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، مجموعه فشرده مقالات، صفحات ۱۶۷-۱۶۱.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]
www.SID.ir

Archive of SID

۲- مظاهری سید احمد و Bryan. E. Chenhall (۱۳۷۷):شرایط فشار، درجه حرارت و ترکیب سیال اسکارن های مگنتیتی سنگان خواف خراسان. دومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، مجموعه فشرده مقالات، صفحات ٤٥٦-٤٥١.

۳- مظاهری سید احمد (۱۳۷۷): مطالعه شیمی کانی ها در اسکارن های آهن‌دار سنگان خراسان. هفدهمین گرد همائی علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، مجموعه فشرده مقالات، صفحات ۱۹٦-۱۸۹.

٤- مظاهری سید احمد (۱۳۷۸): استفاده از هورنبلند در فشار سنجی سنگهای گرانیتوئیدی با مثالهائی از ایران، استرالیا، آمریکا و کانادا. سومین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه شیراز، شیراز، مجموعه فشرده مقالات، صفحات ٦١٥-٦١٣.

٥- مظاهری سید احمد (۱۳۷۹): معرفی آمفیبول‌های ناحیه سنگان‌خواف. هشتمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی‌ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، مجموعه فشرده مقالات، صفحات ١٦٨-١٦٤.

٦- کریم پور محمد حسن، مظاهری سید احمد و Ralph Boutryle (۱۳۷۹): آمفیبول‌های جدید غنی از کلر پاراژنز مگنتیت و آندرادیت (دراسکارن سنگان خراسان). هشتمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی شناسی‌ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، مجموعه فشرده مقالات، صفحات ۱۳۰-۱٦۲.

۷- مظاهری سید احمد (۱۳۸۰):مطالعه گرانیتوئیدهای نوع (I) سنگان خواف. مجموعه چکیده مقالات پنجمین همایش انجمن زمین شناسی ایران، دانشگاه تهران، تهران صفحه ۲.

8 - Boumeri, M., Mizuta, T., Nakashima, K., Ishiyama, D., and Ishikawa, Y. (1997). Characteristics of halogen-bearing hastingsite, scapolite and phlogopite from the Geochemical Sangan iron skarn deposits, northeastern Iran. Journal of Mineralogy, Petrology and Economic geology of Japan. V 92, p 481-501.

9 - Deer, W.A., Howie, R.A. and Zussman, J. (1992). An introduction to the rock forming minerals, 1st. Edition. Longman London.

www.SID.ir

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]

Archive of SID

10 - Droop, G.T.R, (1987). A general equation for estimating Fe^{+3} in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria. Mineralogical Magazine, V 51, p 431-437.

11 - Hawthorne, F.C. (1985). Crystal chemistry of the amphiboles. Review of Mineralogy, V 9A, p 1-102.

12 - Leake, B.E. (1978). Nomenclature of amphiboles. American Mineralogists, V 63, p 1023-1052.

13- Leake, B.E., Wooley, A.R., Arps, C.E.S., Birch, W.D., Gilbert, M.C., Grice, J.D., Hawthorne، F.C., Kato, A., Kisch, A. J., Krivovichev, V. G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J.A., Maresch، W.V., Nickel, E.H., Rock, N.M.S., Schumacher, J.C., Smith, D.C., Stephenson, N.C.N., Ungaretti، L., Whittaker, E.J.W. and Youzhi, G. (1997). Nomenclature of Amphiboles: Report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, Commision on new minerals and mineral names. American Mineralogists, V 82, P 1019-1037.

14- Mazaheri, S.A. (1995). Petrological studies of skarns from Marulan South, New South Wales، Australia and Sangan, Khorassan, Iran. Ph.D. Thesis, University of Wollongong، Australia.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-05-05]

www.SID.ir