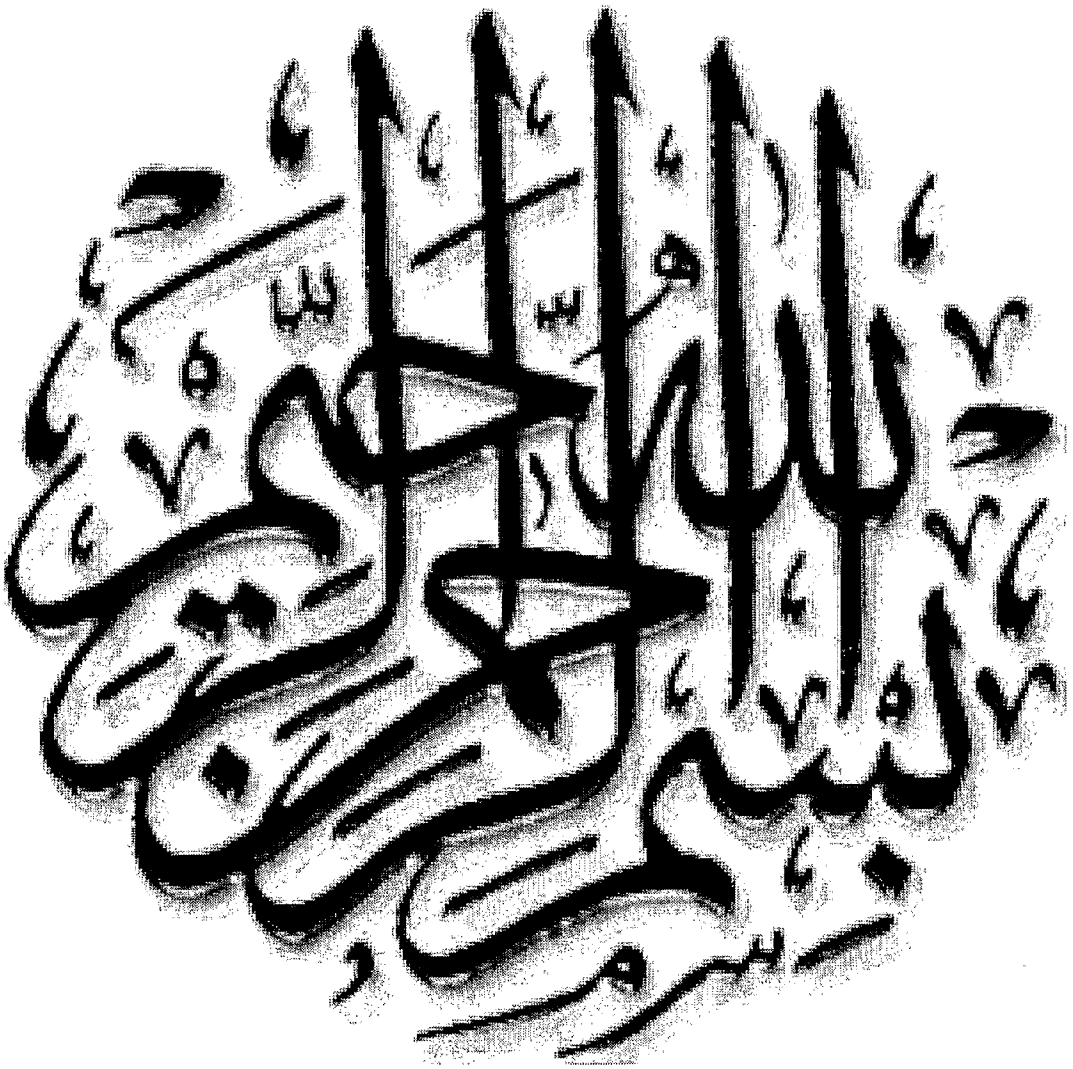

١٠٧٧٨٣

۸۷/۱/۱۰۲۳۰۸
۸۷/۱۰/۲۸

وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده علوم زمین

گروه آموزشی زمین شناسی

رساله جهت اخذ درجه دکتری Ph . D

رشته زمین شناسی / گرایش زمین شناسی اقتصادی

عنوان

کانی شناسی ،ژئوشیمی وژنز کانسار آهن چادرملو،منطقه بافق (ایران مرکزی)

اساتید راهنما

دکتر احمد خاکزاد

دکتر ایرج رسا

استاد مشاور

دکتر منصور وثوقی عابدینی

نگارنده

رضا شمسی پور دهکردی

نیمسال دوم سال تحصیلی ۸۷ – ۸۶

۵- /۱۰/ ۱۳۸۷

۱۰۷۷۸۳

بسمه تعالی

وزارت علوم ، تحقیقات و فناوری

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده علوم زمین

گروه آموزشی زمین شناسی

تأییدیه دفاع از رساله دکتری

این رساله توسط آقای **رضا شمسی پور دهکردی** دانشجوی دوره دکتری رشته **زمین شناسی** - گرایش تحت عنوان : **کانی شناسی ، ژئوشیمی و ژنز کانسار آهن چادرملو ، منطقه بافق ، ایران مرکزی** در تاریخ ۱۳۸۶/۱۲/۱۱ مورد دفاع قرار گرفت و براساس رأی هیأت داوران با نمره ۱۸/۳۰ هجده و سی صدم و درجه سیر عالی پذیرفته شد .

استاد راهنما آقای دکتر **احمد خاکزاد**

استاد راهنما آقای دکتر **ایرج رساء**

استاد مشاور آقای دکتر **منصور وثوقی عابدینی**

داور از دانشگاه آقای دکتر **محمد یزدی**

داور از دانشگاه آقای دکتر **مهرداد بهزادی**

داور خارج از دانشگاه آقای دکتر **مرتضی مؤمن زاده**

داور خارج از دانشگاه آقای دکتر **سید جواد مقدسی**

تقدیم به:

پیشگاه ارواح طیبه شهدای انقلاب اسلامی،

شهدای هشت سال دفاع مقدس

و روح پر فتوح امام شهیدان،

ابرمرد همیشه جاوید تاریخ

خمینی کبیر (ره)

شکر و سپاس

سپاس خداوند بخشنده ای را که با لطف و رحمت او توان انجام این رساله را یافتم. اکنون بر خود واجب می دانم از همه بزرگوارانی که در انجام این رساله با زحمات دلسوزانه مرا یاری کردند صمیمانه تقدیر و تشکر نمایم. لذا از:

اساتید راهنمای ارجمند آقایان دکتر احمد خاکزاد و دکتر ایرج رسا ،

استاد مشاور گرانقدر جناب آقای دکتر منصور وثوقی عابدینی

تقدیر و تشکر می نمایم. انشاءا... که خداوند تبارک و تعالی به آنها اجر جزیل عنایت فرماید.

همچنین از همکاری مسئولین محترم حوزهٔ معاونت پژوهشی دانشگاه شهید بهشتی و مدیر کل محترم تحصیلات تکمیلی این دانشگاه جناب آقای دکتر کنی تقدیر می نمایم.

از مسئولین، اساتید، پرسنل و ریاست محترم دانشکدهٔ علوم زمین و همچنین معاون تحصیلات تکمیلی این دانشکده و اساتید محترم گروه زمین شناسی خصوصاً مدیر محترم این گروه جناب آقای دکتر پورکرمانی تقدیر و تشکر می شود.

از مسئولین محترم سازمان مدیریت و برنامه ریزی سابق کشور .

سرپرست و پرسنل محترم معدن آهن چادرملوی بافق.

مسئولین و کارکنان محترم سایر ارگانها و نهادهایی که به هر شکل در جهت تحقیق و تدوین این پایان نامه همکاری کردند سپاسگزاری می کنم.

ضمناً از زحمات اساتید محترم آقایان:

دکتر مؤمن زاده، دکتر یزدی، دکتر مقدسی و دکتر بهزادی کمال تشکر را دارم.

همچنین از مساعدت همکاران خوبم ، آقایان دکتر محمود خلیلی، دکتر رسول اجل لوئیان و دکتر هاشم باقری صمیمانه تشکر می نمایم.

از همکاری سرکار خانم صالح بیک به خاطر تایپ تشکر می شود.

در پایان توفیق روزافزون همگان را از درگاه ایزد متعال خواستارم.

اما زبانم از قدردانی زحمات بی دریغ والدین گرامی، خصوصاً همسر ارجمند و فرزندان عزیزم قاصر است. انشاءا... اجرشان در پیشگاه حی لایزال برای همیشه محفوظ و جاوید بماند.

و العاقبه للمتقین

اسفندماه ۱۳۸۶

اقرار و تعهدنامه

اینجانب رضا شمسی پور دهکردی دانشجوی مقطع دکتری دانشگاه شهید بهشتی ، دانشکده علوم زمین ، گروه زمین شناسی ، رشته زمین شناسی ، گرایش زمین شناسی اقتصادی رساله حاضر را بر اساس مطالعات و تحقیقات شخصی خود انجام داده و در صورت استفاده از داده‌ها ، مآخذ ، منابع و نقشه‌ها به‌طور کامل به آن ارجاع داده‌ام ، ضمناً داده‌ها و نقشه‌های موجود را با توجّه به مطالعات میدانی – صحرائی خود تدوین نموده ام . این رساله پیش از این به‌هیچ‌وجه در مرجع رسمی یا غیر رسمی دیگری به‌عنوان گزارش یا طرح تحقیقاتی عرضه نشده است . در صورتی که خلاف آن ثابت شود ، درجه‌ی دریافتی اینجانب از اعتبار ساقط شده ، عواقب و نتایج حقوقی حاصله را می پذیرم .

تاریخ ۱۲/ ۱۲/ ۱۳۸۶

امضاء

چکیده :

کانسار چادرملو یکی از بزرگترین کانسارهای آهن در ایران مرکزی و بخشی از ایالت متالوژنیک بافق – ساغند می باشد. این کانسار از نظر موقعیت جغرافیایی در ۶۵ کیلومتری شمال بافق و ۱۸۰ کیلومتری شمال شرقی یزد واقع است. ذخیره این کانسار نزدیک به ۴۹۴ میلیون تن سنگ آهن برآورد شده و سن کانه زائی این کانسار را پروتروزوئیک فوقانی (وندین) در نظر می گیرند. مطالعه کانساربه این صورت انجام شد که پس ازجمع آوری اطلاعات موجود، مطالعات صحرایی و نمونه برداری در امتداد های مشخص، نقشه های زمین شناسی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰و ۱:۵۰۰۰ تهیه شدو مقاطع نازک و صیقلی مورد مطالعه قرار گرفت . میانبارهای سیال در کانی آپاتیت بررسی شد وآنالیز نمونه ها با استفاده از روش های ICP-MS, EPMA, EDS, انجام گردید.

از نظر زمین شناسی ،گسل های ا صلی این کانسار درجهات شمال شرق - جنوب غرب، شمال غرب – جنوب شرق ، شمال – جنوب وشرقی - غربی امتداد دارند. دو فاز تکتونیکی اصلی در منطقه چادرملو قابل تشخیص است. بر اثر فاز اول گسل های قدیمی و عمیق بوجود آمده اند و تحت تاثیر فاز دوم گسل های جوانتر تشکیل شده اند واحتمالاً هر دو دسته گسل هنوز فعال هستند. این گسل ها در بخش استخراجی معدن دارای انواع عادی ، معکوس وامتداد لغز می باشند.

واحد های سنگی مختلف در این کانسار، بسیار در هم آمیخته هستند. سنگ های آذرین از انواع اسیدی تا بازیک و به صورت درونی یا بیرونی، همراه با انواع سنگ های متاسو ماتیت وخصوصاً سنگ های دگرگونی مثل آمفیبولیت، میکا شیست و گنیس و سنگ های رسوبی قدیمی و سنگ های ترشیاری وجود دارند. غالب سنگ ها ترکیب ماگمای کالکو آلکالن را نشان می دهد. در کانسار چادرملو، سنگ های با ترکیب شیمیائی از نوع بازیک غالباً گابرو، دلریت و بازالت می باشند. گابرو ها نیز انواع متفاوت دارند. بعضی از این سنگ ها از پلاژیوکلازهای بازیک تشکیل شده که سوزن های آپاتیت در آن ها به صورت ادخال وجود دارد. بخش دیگری از این سنگ ها ، گابرو دیوریت می باشند که احتمالا از ماگمای گابروئی تفریق یافته اند. در بعضی از سنگ های گابروئی این کانسار ، کانی مگنتیت در بلورهای پلاژیوکلاز جانشین شده است که از محلو ل های ماگمائی بوده و پلاژیوکلاز ها را هضم می کنند و دمای تشکیل آن ها می تواند بین ۶۰۰ تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد باشد. براساس شواهد مایکروپروپ پیروکسن ها غالباً از نوع دیوپسید و آمفیبول ها کلسیکی هستند و بر اثر دگرسانی به ترمولیت – اکتینولیت تبدیل شده اند.پلاژیوکلاز ها هم ترکیب کلسیک تاسدیک دارند. پلاژیوکلاز های با ترکیب سدیک بر اثر دگرسانی و متاسوماتیسم در سنگ های دگرسان فراوان تر هستند.

مطالعات مینرالوگرافی وEDS ،وجود کانی های مگنیتیت (مگنیتیت نیکل دار ومگنیتیت نیوبیوم دار)، هماتیت، مارتیت، آپاتیت ،الیژیست، تیتانومگنیتیت، اسپکولاریت (اسپیکولاریت وانادیوم دار) وایلمنیت (ایلمنیت منگنز دار) را تایید می نماید. کانی های فرعی عبارتند از پیریت (پیریت نیکل دار و کروم دار) ، کالکوپیریت، آزوریت، مالاکیت، فری آلانیت سریوم دار، فری آلانیت سریوم - لانتانیوم دار، روتیل، باریت، ژیپس، گوسلاریت و سلستین. انواع بافت‌هایی که در کانه‌ها دیده می‌شوند به دو صورت اولیه و دگرشکلی هستند. بافت‌های اولیه به صورت پوئی کلیتیک، گرانولار، افشان، پورفیری و نواری می باشند و بافت های دگرشکلی به صورت شبکه‌ای، جعبه‌ای، جداشدگی کششی، مارتیتی‌شدن (عادی، زونینگ دار و گرم‌شدگی)، خمشی، برشی و رگه‌ای هستند. در بافت های اولیه کانی های مگنیتیت، هماتیت و آپاتیت به صورت پاراژنز می باشند. در تشکیل بافت های دگر شکلی عوامل تکتونیکی، دگرگونی و اکسیداسیون تاثیر دارند. همراهی کانی اولواسپینل با مگنتیت در این کانسار دمای بیش از ۴۹۰ درجه سانتی گراد را نشان می دهد.

مطالعات ژئوشیمیائی، شباهت زیاد الگوی پراکندگی عناصر خاکی نادر در سنگ آذرین دیواره و کانه را نشان می دهد. آنومالی منفی عنصرEu ، نشانگر شرایط اکسیداسیون حاکم بر شکل گیری کانسار آهن و سنگ در برگیرنده است که این الگوی مشابه، دلیل محکم بر شکل گیری این دو، طی یک فرایند و از یک منشا واحد است. با توجه به آنومالی منفی عناصر Nb , Ta وآنومالی مثبت عنصر Th و نمودا رهای عنکبوتی عناصر REE ، ماگماتیسم این کانسار ،از نوع کالکوآلکالن است. محیط ساختاری کانسار بر اساس شواهد صحرائی از نوع کششی قدیمی می باشد،.ولی محیط فرورانش را نیز برای این منطقه،تایید می کنند.

طبق شواهد ایزوتوپی و کانی شناسی ، دمای تشکیل مگنیتیت می‌تواند بین ۵۰۰ تا ۸۰۰ درجه سانتیگراد باشد. بررسی میانبارهای سیال هم نشان می دهدکه دمای همگن شدگی، به بیش از ۶۰۰ درجه سانتیگراد می رسد و مقادیر شوری دارای دامنه ای از تغییرات بین ۹/۵ تا ۱۷ درصد معادل وزنی NaCl است.

باتوجه به شواهد موجود و داده های سنجش از دور، مطالعات زمین شناسی، سنگ شناسی، ماگماتیسم، مینرالوگرافی وژئوشیمیائی، شکل گیری کانه ها در اثر تفریق ماگمائی، مهمترین شکل کانه زائی است و در واقع با ایده تشکیل دو مذاب نامیژاک طی فرایند تفریق مطابقت دارد که طی آن یک مذاب غنی از اکسیدهای آهن و یک مذاب غنی از ترکیبات سیلیکاته، تشکیل دهنده سنگ در برگیرنده، از یک ماگمای والد، مشتق شده اند.

طی این تحقیق مشخص گردید که ژنزاولیه واصلی کانسار چادرملو به صورت ماگمائی همراه با تغییرات است و این کانسار به عنوان یک تیپ فرعی جدید از کانسار های IOCG معرفی می شود.

فهرست مطالب

عنوان — صفحه

فصل اول ۱

۱- ۱ مقدمه ۱

۱-۲ موقعیت جغرافیائی ۲

۱- ۳ تاریخچه و پیشینه تحقیق ۴

۱-۴ میزان تولید سنگ آهن در جهان ۹

۱-۵ اهداف تحقیق ۱۰

۱-۶ فرضیات ۱۰

۱-۷ روش تحقیق ۱۰

۱-۸ مراحل انجام کار ۱۳

فصل دوم: زمین شناسی عمومی منطقه و کانسار ۱۴

۲-۱ مقدمه ۱۴

۲-۲ زمین شناسی ایالت متالوژنی بافق – ساغند در ایران مرکزی ۱۴

۲- ۲-۱ عملکرد تکتونیک در ایران مرکزی ۲۰

۲- ۲-۲ زمین شناسی منطقه بافق ۲۲

۲- ۲-۳ سازند ناتک ۲۴

۲- ۲-۴ سازند ساغند ۲۵

۲- ۲-۵ پرکامبرین در ناحیه بافق ـ ساغند ۲۸

۲ - ۲-۶ ماگماتیسم (پلوتونیسم) ۲۹

۲- ۲-۷ ولکانیسم ۳۰

۲- ۲-۸ سری های دگرگونی ۳۱

۲-۲-۹ سازند های قدیمی رسوبی ۳۳

۲- ۲-۱۰ ویژگی های ساختاری ۳۳

۲-۲-۱۱ توده های نفوذی منطقه بافق ۳۵

۲-۳ - زمین شناسی وتکتونیک کانسار آهن چادرملو ۳۶

۲-۳-۱ تکتونیک کانسار ۳۶

۲-۳-۲ زمین شناسی کانسار ۳۸

فصل سوم: سنگ شناسی ۴۹

۳-۱- مقدمه ۴۹

فهرست مطالب

عنوان | **صفحه**

۳-۲ پتروگرافی ۴۹
۳-۲-۱ پتروگرافی سنگ های آذرین ۴۹
۳-۲-۱-۲ سنگ های نفوذی و نیمه عمیق بازیک ۴۹
۳-۲-۱-۲ سنگ های نفوذی و نیمه عمیق متوسط ۵۷
۳-۲-۱-۳ سنگ های نفوذی عمیق و نیمه عمیق اسیدی ۶۳
۳-۲-۱-۴ سنگ های آذرین خروجی بازیک ۶۶
۳-۲-۱-۵ سنگ های آذرین خروجی متوسط ۶۶
۳-۲-۱-۶ سنگ های آذرین خروجی اسیدیک ۶۷
۳-۲-۲ سنگ های متاسوماتیت ۶۹
۳-۲-۳ ژئوشیمی سنگ های آذرین ۷۶
۳-۲-۴ سنگ های دگرگونی ۸۲

۳-۲-۴-۱ مرمر کلسیتی ۸۴
۳-۲-۵ سنگ های رسوبی ۸۷
۳-۳ پترولوژی ۸۹
۳-۳-۱ نمودارهای مربوط به سنگ‌های درونی ۹۲

فصل چهارم: مینرالوگرافی ۱۰۲
۴-۱ مقدمه ۱۰۲
۴-۲ مگنتیت ۱۰۳
۴-۳ الواسپینل ۱۱۷
۴-۴ آپاتیت ۱۱۹
۴-۵ ایلمنیت ۱۲۳
۴-۶ هماتیت ۱۲۵
۴-۶ پیریت ۱۳۰
۴-۷ روتیل ۱۳۵
۴-۸ پاراژنز کانه ها ۱۳۶

فهرست مطالب

عنوان | صفحه

فصل پنجم: ژئوشیمی ۱۳۸

۵-۱ مقدمه ۱۳۸

۵-۲ ژئوشیمی کانی سازی ۱۳۸

۵-۳ عناصر نادر خاکی ۱۶۶

۵-۴ شواهد ایزوتوپی ۱۶۹

۵-۵ میانبارهای سیال ۱۷۱

۵-۵-۱ کاربرد میانبارهای سیال ۱۷۱

۵-۵-۲ - پتروگرافی میانبارهای سیال ۱۷۳

فصل ششم ۱۸۳

۶- ژنز کانسار، نتیجه گیری و پیشنهادات ۱۸۳

۶-۱ ژنز کانسار ۱۸۳

۶-۱- ۱ مقدمه ۱۸۳

۶-۱-۲ خصوصیات کانسار های IOCG ۱۸۴

۶-۱-۲-۱ کانی شناسی و دگرسانی ۱۸۴

۶-۱-۲-۲ بافت و ساخت ۱۸۷

۶-۱-۲-۳ سنگ میزبان ۱۸۷

۶-۱-۲-۴ خصوصیات شیمیائی ۱۸۷

۶-۱-۲- ۵ منطقه فلززائی ۱۸۸

۶-۲- پیدایش کانسار چادرملو ۱۹۱

۶-۲-۱ ماگماتسیم کانسار ۱۹۱

۶-۲-۲ شواهد ژئوشیمیائی کانسار ۱۹۳

۶-۲- ۳ محیط تکتونیکی کانسار ۱۹۴

۶-۲-۴ پیدایش مگنتیت – آپاتیت و پاراژنز همراه ۱۹۵

۶-۲-۷ تیپ کانسار و مقایسه با مدل جهانی ۲۰۲

۶- ۳ نتیجه‌گیری ۲۰۶

۶- ۴ پیشنهادات ۲۰۷

فهرست منابع ۲۰۸

پیوست ها وضمائم ۲۱۹

فهرست اشکال

عنوان | صفحه

شکل۱-۱ راه های دسترسی ۳
شکل ۲-۱ محدوده کافتی شناخته شده در ایران مرکزی (سامانی ۱۳۷۷)..... ۱۹
شکل ۲-۲ نقشه مغناطیس هوائی وگسل های اصلی منطقه بافق و معدن آهن چادر ملو..... ۲۲
شکل۲-۳ نقشهٔ زمین شناسی و واحدهای زمین شناسی ایران مرکزی..... ۲۶
شکل ۲-۴ گسل های مهم کانسار چادرملو بر اساس داده های دورسنجی و مطالعات صحرائی ۳۷
شکل ۲-۵ نقشه تکتونیکی ایران مرکزی و موقعیت منطقه بافق..... ۴۰
شکل۲-۶ وضعیت ابر قاره گندوانا..... ۴۱
شکل ۲-۷ موقعیت گسل های فعال ایران مرکزی و کانسار چادرملو ۴۲
شکل ۲-۸ نقشه زمین شناسی ساختمانی و فرورانش در بخش جنوب غربی ایران مرکزی..... ۴۳
شکل ۲-۹ نقشه زمین شناسی منطقه کانسار آهن چادرملوی بافق با مقیاس ۱/۲۵۰۰۰..... ۴۵
شکل ۲-۱۰ نقشه زمین شناسی کانسار آهن چادرملو با مقیاس ۱/۵۰۰۰..... ۴۷
شکل ۲-۱۱ نقشه زمین شناسی کانسار آهن چادرملو با مقیاس ۱:۲۰۰۰..... ۴۸
شکل ۳-۱ A گابروی دگرسان شده مگنتیت دار (ppl) B ۵۳
شکل ۳-۲ Aگابروی با پلاژیو کلاز دگرسان و پیروکسن های در حال تبدیل..... ۵۴
شکل ۳-۳ Aگابروی با پلاژیوکلاز سریسیتی و پرهنیتی و کائولینیتی ۵۵
شکل۳-۴ C گابروی مگنتیت دار..... ۵۶
شکل۳-۵ A دلریت با بافت اینتر گرانولا..... ۵۷
شکل ۳-۶ A دیوریت B دیوریت با پیروکسن اورالیتی شده فراوان..... ۶۱
شکل ۳-۷ A هورنبلاند آندزیت با بافت پورفیریتیک..... ۶۲
شکل ۳-۸ A آندزیت اسپیلیتی شده با مگنتیت ۶۳
شکل ۳-۹ A گرانیت با بافت ۶۵
شکل ۳-۱۰ A داسیت با فنوکریست..... ۶۸
شکل ۳-۱۱ A فنوکریست آلبیت ۶۹
شکل ۳-۱۲ تشکیل کائولینیت در اثر فرایند دگرسانی آرژیلیک پیشرفته..... ۷۲
شکل ۳-۱۳ ترمولیت اکتینولیت متاسوماتیت..... ۷۲
شکل ۳-۱۴ A پدیده کربناتی شدن..... ۷۴
شکل ۳-۱۵ A فرایند سریسیتی شدن ۷۵
شکل ۳-۱۶ نمودار تعیین ا نواع پیروکسن سنگ های آذرین کانسار چادرملو..... ۸۱
شکل ۳-۱۷ نمودار تعیین نوع آمفیبول ها ی در سنگ های آذرین ۸۱

فهرست اشکال

عنوان | صفحه

شکل۳-۱۸ نمودار تعیین انواع آمفیبول های کلسیک ۸۲
شکل ۳-۱۹ A آمفیبولیت (ppl) B همان شکل در حالت (xpl) ۸۵
شکل ۳-۲۰ A آندالوزیت شیست (xpl) B سلیمانیت شیست ۸۶
شکل ۳-۲۱ A آرکوز با سیمان کربنات با مگنتیت(xpl) B آرکوز با سیمان کربنات ۸۷
شکل ۳-۲۲ نمودار AFM (ایروین و باراگار ۱۹۷۱) و روند کالکوآلکالن ۹۲
شکل ۳-۲۳ نمودار تغییرات K2Oدر برابر SiO2 در نمونه های کانسار آهن چادرملو ۹۲
شکل ۳-۲۴ نمودار تعیین مقدار آلومین موجود در سنگ ها ی چادرملو ۹۳
شکل ۳-۲۵ طبقه بندی سنگ های نفوذی کانسار چادرملو ۹۵
شکل ۳-۲۶ طبقه بندی سنگ های نفوذی کانسار چادرملو با استفاده از نمودار ۹۶
شکل ۳-۲۷ نمودار طبقه بندی سنگ های نفوذی کانسار چادرملو با استفاده از R1-R2 ۹۶
شکل ۳-۲۸ نمودار طبقه بندی سنگ های آذرین کانسار چادر ملو بر اساس دبون و لفورت ۹۷
شکل ۳-۲۹ موقعیت سنگ های آذرین درونی کانسار چادرملو بر روی نمودار دبون و لفورت ۹۸
شکل ۳-۳۰ نمودارهای عنکبوتی سنگ های آذرین درونی کانسار چادرملو (تامسون) ۱۰۰
شکل ۳-۳۱ نمودارهای عنکبوتی سنگ های آذرین درونی کانسار چادرملو (پیرس) ۱۰۱
شکل ۳-۳۲ نمودار الگوی عناصر خاکی ۱۰۱
شکل ۴-۱ پدیده برشی شدن ۱۰۳
شکل ۴-۲ بافت نواری در مگنتیت ۱۰۳
شکل ۴-۳ تشکیل کانی پیریت در نتیجه وارد شدن گوگرد ۱۰۴
شکل ۴-۴ A: بافت افشان مگنتیت (XPL) B: همان شکل در حالت ۱۰۷
شکل ۴-۵ A: همزمانی تشکیل سنگ درونگیر و مگنتیت (XPL) ۱۰۸
شکل ۴-۶ A: مگنتیت مارتیتی شده از نوع خرد شده B: مارتیتی شدن ۱۰۹
شکل ۴-۷ A: مگنتیت ایدیومورف با بافت زونه ای و کاتاکلاستیک ۱۱۰
شکل ۴-۸ A: آپاتیت و مگنتیت همراه با خوردگی خلیجی ۱۱۱
شکل۴-۹-A سه مرحله شامل: مرحله اول تشکیل مگنتیت ۱۱۲
شکل۴-۱۰:A شکستگی در مگنتیت و پر شدن فضای خالی توسط سیلیس ۱۱۳
شکل۴-۱۱ A رگه ای از مگنتیت و اپاتیت که در ابتدا منیتیت بر روی دیواره رگه ۱۱۴
شکل۴-۱۲ نقطه ۱ مربوط به روتیل نقطه ۲ کانی مگنتیت و نقطه ۳ کانی ۱۱۵
شکل۴-۱۳ کانی مگنتیت (نقطه ۱) همراه با باطله آمفیبول نوع آنتوفیلیت ۱۱۵
شکل۴-۱۴ مگنتیت نیکل دار ۱۱۶

فهرست اشکال

عنوان | صفحه

شکل۴-۱۵ مگنتیت نسبتا خرد شده (نقاط ۱ و ۲)..... ۱۱۶
شکل۴-۱۶ آپاتیت (نقطه ۱) که به صورت همزاد با مگنتیت ۱۱۶
شکل۴-۱۷ تیتانو مگنتیت نیوبیوم دار..... ۱۱۷
شکل۴-۱۸ بافت خوردگی در مگنتیت که نشانه تشکیل در شرایط ماگمائی ۱۱۸
شکل۴-۱۹ الواسپینل ، نشان دهنده تشکیل در دمای بالا..... ۱۱۸
شکل ۴-۲۰ A: بافت پوئی کلیتیک آپاتیت در میان مگنتیت (XPL) ۱۲۱
شکل۴-۲۱ بافت پوئی کلیتیک (آپاتیت همراه با مگنتیت که آپاتیت..... ۱۲۱
شکل۴-۲۲ همراهی کانی فری آلانیت سریم دار (نقطه ۱) با آپاتیت (نقطه ۲) ۱۲۲
شکل۴-۲۳ فری آلانیت سریم – لانتانیوم دار (نقطه ۱) و فری آلانیت سریم دار شده..... ۱۲۲
شکل ۴-۲۴ اکسولوشن کانی های ایلمنیت (نقطه ۵)، روتیل (نقاط ۱ و۲) و اسفن..... ۱۲۴
شکل۴-۲۵ دو کانی ایلمنیت در کنار هم..... ۱۲۴
شکل۴-۲۶ ایلمنیت منگنز دار (جانشینی منگنز به جای آهن نشانه ۱۲۵
شکل ۴-۲۷ A: بافت الیافی در اسپیکولاریت B: دو نسل هماتیت در کنار هم ۱۲۷
شکل ۴-۲۸ A: بافت جعبه ای در تیغه های هماتیت B: تیغه های هماتیت C: انعکاس ۱۲۸
شکل ۴-۲۹ A: هماتیت در مرکز و گوئتیت در حاشیه با باطله. B: همان شکل..... ۱۲۹
شکل ۴-۳۰ اسپیکولاریت وانادیوم دار..... ۱۳۰
شکل ۴-۳۱ رشد در هم اسپیکولاریت (نقطه ۱) و آپاتیت (نقطه ۲)..... ۱۳۱
شکل ۴-۳۲ بافت شبکه ای تیغه های اسپیکولاریت..... ۱۳۱
شکل ۴-۳۳ دو نسل مختلف هماتیت در کنار هم..... ۱۳۲
شکل ۴-۳۴ نقطه ۱ مربوط به هماتیت همراه با باطله کوارت ۱۳۲
شکل ۴-۳۵ کانی پیریت همراه با آمفیبول و مگنتیت ۱۳۳
شکل ۴-۳۶ نقطه اول پیریت حاوی نیکل. نقاط ۲ و ۳ مربوط به کانی اسفن..... ۱۳۳
شکل۴-۳۷.نشان دهنده اکسولوشن مگنتیت و ایلمنیت است که مگنتیت بعد..... ۱۳۴
شکل ۴- ۳۸ کانی پیریت به صورت ایدیومورف..... ۱۳۴
شکل ۴-۳۹ پیریت با مقادیر بالای کروم که نشان دهنده منشا ثانویه..... ۱۳۵.
شکل ۵-۱ نمودار همبستگی بین اکسیدهای SiO_2 , Fe_2O_3 در ماده معدنی..... ۱۴۵
شکل ۵-۲ نمودار همبستگی بین عناصر Lu , Y در ماده معدنی کانسار چادرملو..... ۱۴۶
شکل ۵-۳ نمودار همبستگی بین عناصر Zr, Hf در ماده معدنی کانسار چادرملو..... ۱۴۶
شکل ۵-۴ نمودار همبستگی بین عناصر Nb, Ta در ماده معدنی کانسار چادرملو..... ۱۴۷

فهرست اشکال

عنوان | صفحه

شکل ۵-۵ نمودار همبستگی بین عناصر Mo, Cu در ماده معدنی کانسار چادرملو..... ۱۴۷
شکل ۵-۶ نمودار همبستگی بین عناصر Ni, V در ماده معدنی کانسار چادرملو..... ۱۴۸
شکل۵-۷ نمودار همبستگی بین عناصر SiO2, V در ماده معدنی کانسار چادرملو..... ۱۴۸
شکل ۵-۸ نمودار همبستگی بین عناصر V, Fe2O3 در ماده معدنی کانسار چادرملو..... ۱۴۹
شکل ۵-۹ نمودار همبستگی بین عناصر K2O, Rb در ماده معدنی کانسار چادرملو..... ۱۴۹
شکل ۵-۱۰ نمودار همبستگی بین عناصر Al2O3, Hf در ماده معدنی کانسار چادرملو..... ۱۵۰
شکل۵-۱۱ نمودار همبستگی بین Al2O3, Zr در ماده معدنی کانسار چادرملو..... ۱۵۰
شکل ۵-۱۲ نمودار همبستگی بین Fe2O3, Ni در ماده معدنی کانسار چادرملو..... ۱۵۱
شکل ۵-۱۳ نمودار همبستگی بین Co, Fe2O3T در ماده معدنی کانسار چادرمل..... ۱۵۱
شکل ۵-۱۴ نمودار همبستگی بین La, P2O5 در ماده معدنی کانسار چادرملو..... ۱۵۲
شکل ۵-۱۵ نمودار همبستگی بین Al2O3, Na2O در ماده معدنی کانسار چادرملو..... ۱۵۲
شکل ۵-۱۶ نمودار همبستگی بین Al2O3, Hf در ماده معدنی و سنگ در..... ۱۵۳
شکل ۵-۱۷ نمودار همبستگی بین K2O, Rb در ماده معدنی و سنگ در..... ۱۵۳
شکل ۵-۱۸ نمودار همبستگی بین SiO2, Hf در ماده معدنی و سنگ درونگیر..... ۱۵۴
شکل ۵-۱۹ نمودار همبستگی بین Fe2O3, V در ماده معدنی و سنگ در..... ۱۵۴
شکل ۵-۲۰ نمودار همبستگی بین Mo, Cu در ماده معدنی و سنگ در..... ۱۵۵
شکل ۵-۲۱ نمودار همبستگی بین Ni, V در ماده معدنی و سنگ در..... ۱۵۵
شکل ۵-۲۲ نمودار همبستگی بین Zr, Hf در ماده معدنی و سنگ در برگیرنده..... ۱۵۶
شکل ۵-۲۳ نمودار همبستگی بین Ho, Y در ماده معدنی و سنگ در برگیرنده..... ۱۵۶
شکل ۵-۲۴ نمودار همبستگی بین Y, Lu در ماده معدنی و سنگ در برگیرنده..... ۱۵۷
شکل ۵-۲۵ نمودار همبستگی بین Zr , Hf در سنگ درونگیر کانسار چادرملو..... ۱۵۷
شکل ۵-۲۶ نمودار همبستگی بین Co , Y در سنگ درونگیر کانسار چادرملو..... ۱۵۸
شکل ۵-۲۷ نمودار همبستگی بین Ho , Co در سنگ درونگیر کانسار چادرملو..... ۱۵۸
شکل ۵-۲۸ نمودار همبستگی بین Ho, Y در سنگ درونگیر کانسار چادرملو..... ۱۵۹
شکل ۵-۲۹ نمودار همبستگی بین Yb , Co در سنگ درونگیر کانسار چادرملو..... ۱۵۹
شکل ۵-۳۰ نمودار همبستگی بین SiO2, V در سنگ درونگیر کانسار چادرملو..... ۱۶۰
شکل ۵-۳۱ نمودار همبستگی بین P2O5, La در سنگ درونگیر کانسار چادرملو..... ۱۶۰
شکل ۵-۳۲ نمودار همبستگی بین V, Fe2O3 در سنگ درونگیر کانسار چادرملو..... ۱۶۱
شکل ۵-۳۳ نمودار همبستگی بین La, Al2O3 در سنگ درونگیر کانسار چادرملو..... ۱۶۱

فهرست اشکال

عنوان | صفحه

شکل ۵-۳۴ نمودار همبستگی بین Co, Fe2O3 در سنگ درونگیر کانسار چادرملو ۱۶۲
شکل ۵-۳۵ نمودار همبستگی بین Hf, MgO در سنگ درونگیر کانسار چادرملو ۱۶۲
شکل ۵-۳۶ نمودار همبستگی بین Rb, Fe2O3 در سنگ درونگیر کانسار چادرملو ۱۶۳
شکل ۵-۳۷ نمودار همبستگی بین CaO, MgO در سنگ درونگیر کانسار چادرملو ۱۶۳
شکل ۵-۳۸ نمودار همبستگی بین Rb, K2O در سنگ درونگیر کانسار چادرملو ۱۶۴
شکل ۵-۳۹ نمودار همبستگی بین MgO, Al2O3 در سنگ درونگیر کانسار چادرملو ۱۶۴
شکل ۵-۴۰ نمودار همبستگی بین REE, P2O5 در ماده معدنی و سنگ در برگیرنده ۱۶۵
شکل ۵-۴۱ نمودار همبستگی بین Au, REE در ماده معدنی و سنگ در برگیرنده ۱۶۵
شکل ۵-۴۲ نمودار همبستگی بین Fe2O3, REE در ماده معدنی و سنگ در ۱۶۶
شکل ۵-۴۳ نمودار الگوی عناصر نادر خاکی در سنگ میزبان و ماده معدنی کانسار ۱۶۷
شکل ۵-۴۴ نمودار عنکبوتی عناصر کمیاب و نادر خاکی در سنگ میزبان کانسار ۱۶۸
شکل۵-۴۵ نمودار الگوی عناصر نادر خاکی در نمونه های ماده معدنی کانسار ۱۶۸
شکل ۵-۴۷ نمودار حاصل از نتایج ارائه شده ۱۷۶
شکل ۵-۴۸ میانبار نوع L+V+S+S1 , L+V همگن شده به فازهای گاز ۱۷۷
شکل ۵-۴۹ میانبار دو فازی نوع L+ V در آپاتیت های کانسار چادرملو ۱۷۷
شکل ۵-۵۰ انواع مختلف میانبارهای تک فازی مایع و گاز و دو فازی ۱۷۸
شکل ۵-۵۱ میانبار نوع L+V+S در آپاتیت کانسار چادرملو ۱۷۸
شکل ۵-۵۲ میانبارهای غنی از فاز جامد و مایع که فاز جامد از نوع به دام افتاده می‌باشد ۱۷۹
شکل ۵-۵۳ میانبارهای غنی از فازهای مایع و گاز با اشکال میله‌ای ۱۷۹
شکل ۵-۵۴ میانبارهای همگن نشده در دمای بیش از ۶۰۰ درجه سانتیگراد ۱۸۰
شکل ۵-۵۵ میانبارهای غنی از گاز در دمای اتاق از نوع ثانویه کاذب ۱۸۰
شکل ۵-۵۶ میانبارهای دو فازی نوع L+ V در دمای اتاق ۱۸۱
شکل ۵-۵۷ میانبار همگن شده به فاز مایع ۱۸۱
شکل ۶-۱ پراکندگی کانسار ها ی نوع IOCG در جهان و موقعیت منطقه بافق ۱۸۸
شکل ۶-۲ موقعیت کانسارهای مختلفI وکانسار چادرملو براساس تناژ ذخیره نسبت به ۲۰۳

فهرست جداول

عنوان | صفحه

جدول۲-۱ واحدهای سنگی پرکامبرین در ایران مرکزی ۱۷
جدول ۳-۱ ترکیب شیمیائی و فرمول ساختاری پلاژیوکلازهای بعضی از ۷۸
جدول۳-۲ تغییرات ترکیب شیمیائی پلاژیوکلازها از مرکز به سمت حاشیه ۷۹
جدول ۳-۳ ترکیب شیمیایی و فرمول ساختاری پیروکسن های کانسار چادرملو ۷۹
جدول ۳-۴ ترکیب شیمیایی و فرمول ساختاری آمفیبول های سنگ های آذرین و ۸۰
جدول ۳-۵ انواع سنگ های آذرین عمیق، نیمه عمیق وخروجی ۸۸
جدول ۳-۶ نتایج تجزیه نمونه های سنگ های آذرین درونی و بیرونی کانسار آهن ۹۰
جدول ۴-۱ جدول پاراژنز کانه های کانسار آهن چادرملو ۱۳۷
جدول ۵-۱ نتایج تجزیه نمونه های سنگی و ماده معدنی کانسار چادر ملو ۱۳۹
جدول ۵-۲ نتایج تجزیه نمونه های سنگی و ماده معدنی کانسار چادر ملو ۱۴۰
جدول ۵-۳ ضرایب همبستگی بین عناصر کمیاب، نادر خاکی و اکسیدهای اصلی ۱۴۳
جدول ۵-۴ ضرایب همبستگی بین عناصر کمیاب، نادر خاکی و اکسیدهای اصلی و ۱۴۴
جدول ۵-۵ داده های نسبت ایزوتوپی اکسیژن ۱۸ و گوگرد ۳۴ ..... ۱۷۰
جدول ۵-۶ نتایج حاصل از مطالعه میانبارهای سیال در نمونه های معدن چادرملو ۱۷۶
جدول ۶- ۱ کانی شناسی کانسارهای (IOCG) ۱۸۶
جدول ۶-۲ منابع کانسار های انتخابی IOCG ۱۸۹
جدول ۶-۳ طبقه بندی IOCG براساس سن ذخیره یا منطقه ۱۹۰
جدول ۶-۴ طبقه بندی کانسارهای ماگمائی - گرمابی IOCG ۲۰۵

پیشگفتار :

صنایع جهان امروز با پیشرفت برق آسای تکنولوژی وسرعت رشد فزاینده خود ، نیاز شدید به فلزات مختلف از جمله آهن دارند.از اینجاست که اهمیت علم زمین شناسی در مورد شناسائی کانسارها و نقش اساسی آنها در اقتصاد کشور ها روز به روز آشکارتر می شود. چرا که لازمه پیشرفت در صنایع و افزایش رشد اقتصادی ، دستیابی به کانسار ها و ذخایر فلزی جدید ، امری ضروری است. حتی امروزه تولید پیشرفته ترین دستگاه ها و ابزارهای الکترونیکی جهت حرکت چرخهای عظیم صنایع به اکتشاف واستخراج همین فلزات بستگی دارد.

در کشور عزیز ما نیز مسئولین ،برنامه ریزان ، متخصصین جوان و شرکت های نوپای صنعتی ومعدنی باید دست در دست هم ، برای رفع نیازهای صنایع و معادن کشورمان در تمام ابعاد ،گام های بلندی بر دارند. یکی از این کارهای اصولی واساسی که انجام آن برای رشد اقتصاد ما ضرورت تام دارد شناسائی عناصر کمیاب وخاکی نادر، همراه کانسنگ های مختلف و جداسازی آنها و تهیه شمش های فلزات مورد نیاز صنایع است. واقعاً به جای آنکه هر روز بخش عظیمی از کانسنگ های فلزی را به کنستانتره تبدیل کنیم وبا قیمت های بسیار نازل به خارج کشور صادر نمائیم باید تحولی در تکنولوژی ایجاد شود و استعداد های جوانان دانشگاهی به سمت تحقق جنبش نرم افزاری مورد نظر مقام معظم رهبری (دامت افاضاته) سوق داده شوند ودر این زمینه خود را از بیگانگان کاملاً بی نیاز سازیم.

موضوع پایان نامه حاضر نیز تحت عنوان :

«کانی شناسی ،ژئوشیمی وژنز کانسار آهن چادرملوی بافق ایران مرکزی» در این راستا انتخاب گردید وبا وقوف به نیاز صنایع فلزی کشورمان به فلز آهن برای رفع مشکلات ساختمانی و افزایش تولید فولاد و رقابت جدی تر در بازارهای جهانی سعی شد در حد امکانات موجود ، تحقیقاتی بعمل آید ونتایج آن به صورت رساله موجود تدوین شود وبه فضل الهی در اختیار جامعه علمی وصنعتی کشور قرار گیرد.

اما باتوجه به اینکه ایران عزیز ما ، پتانسیل های فراوانی از فلزات مختلف ،به صورت گنج هایی پنهان در دل خود دارد که احتمالاًبعضی از آنها به دلیل عیار پائین مورد بی توجهی هستند، لذا توصیه می شود متخصصین دلسوز کشورمان در آینده ای نه چندان دور با دستیابی به تکنولوژی پیشرفته ، طرحی اساسی برای استخراج این کانسارهای فلزی و غیر فلزی تهیه نمایند .

امید آنکه با تلاش دلسوزانه متصدیان امور و برنامه ریزان کشور ،نیاز به بیگانگان قطع شود و در آینده نزدیک نتایج تحقیقات وپژوهش دانشگاهیان ارجمند موجب برداشتن گام های مؤثری در جهت تحقق این اهداف شوند. همچنین بتوانیم مثل اسلاف خویش به مراتب حقیقت وجود موادتوجه کرده و مشخصات ظاهری مواد را مرتبط با حقایق وجود آنها بپنداریم والفت وهمخوانی را میان مراتب هستی ، فقط منحصر به روابط خارجی کمی در مواد ندانیم .دلیل این که نظرات بزرگانی امثال ابوریحان ها ، بوعلی سیناها و.....تعجب مردان علوم زمان حاضر رابر می انگیزد بدین جهت است که برخی از دانشمندان جهان امروز ، الفت ومهر میان اشیاءو تراز های گوناگون هستی را از نظر دور می دارند. در نتیجه از شناسائی مراتب خلقت باز می مانند. در گذشته نگرش زمین شناسی و کانی شناسی دانشمندان مسلمان ما فراتر از

خواص ظاهری بوده است. آنها نقش باطن ونهان اشیاء را در ظاهر کانی ها دخیل وتحت تاثیر متقابل می دانستند. چون از نظر آنها پیدا وپنهان مواد از مبداء واحد می باشند و هدفشان از مطالعه وبررسی سنگ ها ، کانی ها ومواد معدنی کسب معرفت الله بود وهمین عامل موجب شکوفائی سریع استعدادها ودسترسی آنهابه اطلاعات زیادی در آن مدت زمان کوتاه شد. پس بر ماست که با توکل بر خدای تبارک وتعالی به خویشتن خویش باز گردیم ، خودرا در یابیم وبا اعتماد به نفس وحصول یقین، راه الهی آنان را ادامه دهیم تا انشاء الله بتوانیم در مسیر علوم تجربی هم گوی سبقت را از غربیان بربائیم.شاید از این طریق بتوانیم روح پر فتوح امام راحل (رضوان الله تعالی علیه) وارواح طیبه شهیدان در خون خفته این امت توفنده را شاد و خوشنود سازیم و با تحکیم پایه های اقتصادی کشور ، استقلال فرهنگی وسیاسی این سرزمین دلیران وغیورمردان مسلمان را تضمین نماییم انشاءالله که آیندگان نیز تداوم بخش این راه پر از رنج باشند ودر کشاکش سختی های آن هراس به دل راه ندهند که بهشت سعادت و نیکبختی را به بها بدهند نه به بهانه .

ایام عزت مسلمین مستدام.

اسفند ماه ۱۳۸۶

فصل اول

کلیات

۱-۱- مقدمه

ایالت متالوژنی بافق - پشت بادام در نواری به طول ۱۵۰ کیلومتر وپهنای ۳۰ کیلومتر در راستای شمال، شمال غرب - جنوب، جنوب شرق به موازات گسل پشت بادام دارای منابع غنی ازذخایر آهن، اورانیوم، فسفات، سرب وروی، مس و خاک‌های نادر می‌باشد. یکی از مهمترین کانسارهای این ایالت، کانسار آهن چادرملو می‌باشد. در مورد ماگماتیسیم، متاسوماتیسم ونحوه تشکیل این کانسار تحقیقات متعددی از طرف محققین داخلی و خارجی انجام شده است. به دلیل آن که ابزار این تحقیق‌ها محدود بوده است نظرات متناقص ومتضادی ارائه شده، ولی در این تحقیق سعی شده است از ابزارهای موجود استفاده بهینه شود و با تکیه بر نتایج این تحقیق، ژنز کانسار مذکور وسایر خصوصیات آن مشخص گردد. در این رساله فصل اول آن به کلیات (مقدمه، موقعیت جغرافیایی، کارهای پیشینیان، معرفی موضوع تحقیق، اهداف و روش‌های مطالعه) اختصاص دارد، فصل دوم در ارتباط با زمین‌شناسی عمومی منطقه وکانسار می‌باشد، فصل سوم پتروگرافی کانسار را شامل می‌شود.در فصل چهارم مینرالوگرافی کانه‌ها توضیح داده شده است، فصل پنجم، ژئوشیمی کانسار را بررسی می‌کند، در فصل ششم ژنز کانسارمطرح می‌شود، و به دنبال آن پیوست‌ها و ضمائم می‌آید.

۱ـ۲ـ موقعیت جغرافیایی

کانسار چادرملو بزرگترین کانسار آهن در منطقه ایران مرکزی می‌باشد که در ۶۵ کیلومتری شمال بافق و ۱۸۰ کیلومتری شمال شرقی یزد واقع شده و ذخیره آن بالغ بر ۴۹۴