Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Vol.6, No.2, Autumn 1998

# Genesis of the Jalal Abad Iron Ore Deposit

**Khosrowanjam, M. and Shahabpour, J.**

*Shahid Bahonar University, Kerman, Iran*

**Key Words :** *Jalal Abad, Iron ore deposit, geochemistry*

**Abstract:** The Jalal Abad iron ore deposit is one of the seven most important iron ore deposits in the central Iran, with a probable ore reserve of 200.4 million tons of iron ore in which the average grades are estimated as 44.28% Fe, 0.83% S and 0.07%P. In the Jalal Abad deposit two types of orebodies are identified: the orebodies which are concordant with respect to the sedimentarv most rocks (Jalal Abad I), and the orebodies which are discordant with respect to their carbonate host, rocks (Jalal Abad II). In this deposit the primary ore minerals are magnetite and hematite. Hematite is also formed from the oxidation of magnetite. It is proposed that the deposit was formed in two stages as described below.

1) The principal orebodies were formed contemporaneous with the sedimentation, from the exbalites and precipitates associated with volcanic activity within an intracontinental sources. This part of the deposit is named Jalal Abad 1.

2) After formation of the Jalal Abad I orebodies, due to emplacement of the igneous rocks within the ore zone, the meteoric and/or connate water contained in the Jalal Abad I: then iron was redeposited from the upwelling iron bearing solution as replacement orebodies within the carbonate rocks. In this manner Jalal Abad II orebodies were formed.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]

مجلهٔ بلورشناسی و کانی شناسی ایران، سال ششم، شمارهٔ دو ، پائیز ۱۳۷۷ از صفحهٔ ۱۰۷ تا ۱۲۲

پژوهشی

# پیدایش کانسار آهن جلال آباد زرند

**محمد خسروانجام و جمشید شهاب پور**
*دانشگاه شهید باهنر کرمان، بخش زمین شناسی*

**چکیده :** کانسار آهن جلال آباد زرند یکی از هفت کانسار مهم در ایران مرکزی است که ذخیرهٔ آن ۲۰۰/۴ میلیون تن سنگ آهن با عیار متوسط ۴۴/۲٪ آهن، ۰/۸۳٪ گوگرد و ۰/۷٪ فسفر برآورد شده است. در این کانسار دو نوع توده معدنی قابل تشخیص است: توده‌هایی که با سنگهای رسوبی در برگیرنده همشیب (جلال آبادI)، و توده‌هایی که با سنگهای آهکی ناهمشیب قرار دارند (جلال آبادII). در این کانسار، کانهٔ اولیه ماگنتیت است و هماتیت به صورت ثانویه از اکسایش ماگنتیت ایجاد شده است. با توجّه به تغییرات عیار آهن در ستون چینه‌شناسی منطقهٔ معدنی، شکل هندسی کانسار، ژئوشیمی توده‌های آذرین همراه، و بافت و موقعیت تکتونیکی کانسار، چنین نتیجه می‌شود که کانسار در ۲ مرحله جداگانه به شرح زیر تشکیل شده است:

۱ ـ بخش اصلی کانسار همزمان با رسوبگذاری در منطقه و خروج شاره‌های تبخیری حاصل از فعالیت آتشفشانهای موجود در کافت درون قاره‌ای، و یا از منابع قاره‌ای موجود در منطقه تشکیل شده است. این بخش از کانسار، جلال آباد I نامگذاری شده است.

۲ ـ پس از تشکیل کانسار آهن جلال‌آباد I ، در اثر نفوذ توده‌های آذرین در منطقهٔ معدنی، آبهای فرورو یا فسیلی موجود در جلال آباد I داغ و متحرک شده و پس از شستن آهن از جلال‌آبادI و صعود به بالا، آهن را درون سنگهای کربناتی به صورت جانشینی ته‌نشین کرده است. این بخش از کانسار، جلال‌آباد II نامگذاری شد.

**واژه‌های کلیدی :** *جلال آباد، کانسار آهن، ژئوشیمیایی*

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]

**مقدمه**

کانسار آهن جلال آباد زرند در ۱۲۲ کیلومتری شمالغربی شهر کرمان و ۳۸ کیلومتری شمالغربی شهرستان زرند واقع است. کانسار در عرض جغرافیایی ′۵۶°۳۰ و طول جغرافیائی ′۲۵°۵۶ قرار دارد (شکل ۱). ذخیرهٔ احتمالی کانسار جلال‌آباد I و II، ۲۰۰/۴ میلیون تن سنگ آهن برآورد شده است که آن را برحسب ترکیب شیمیائی به صورت زیر تقسیم کرده‌اند[۱].

الف) سنگ آهن پر عیار اکسیده کم گوگرد .

ب) سنگ آهن پر عیار ماگنتیتی گوگرد دار .

ج) سنگ آهن کم عیار ماگنتیتی سیلیس دار.

در جدول ۱، انواع سنگ معدن به تفکیک آورده شده‌اند [۱].

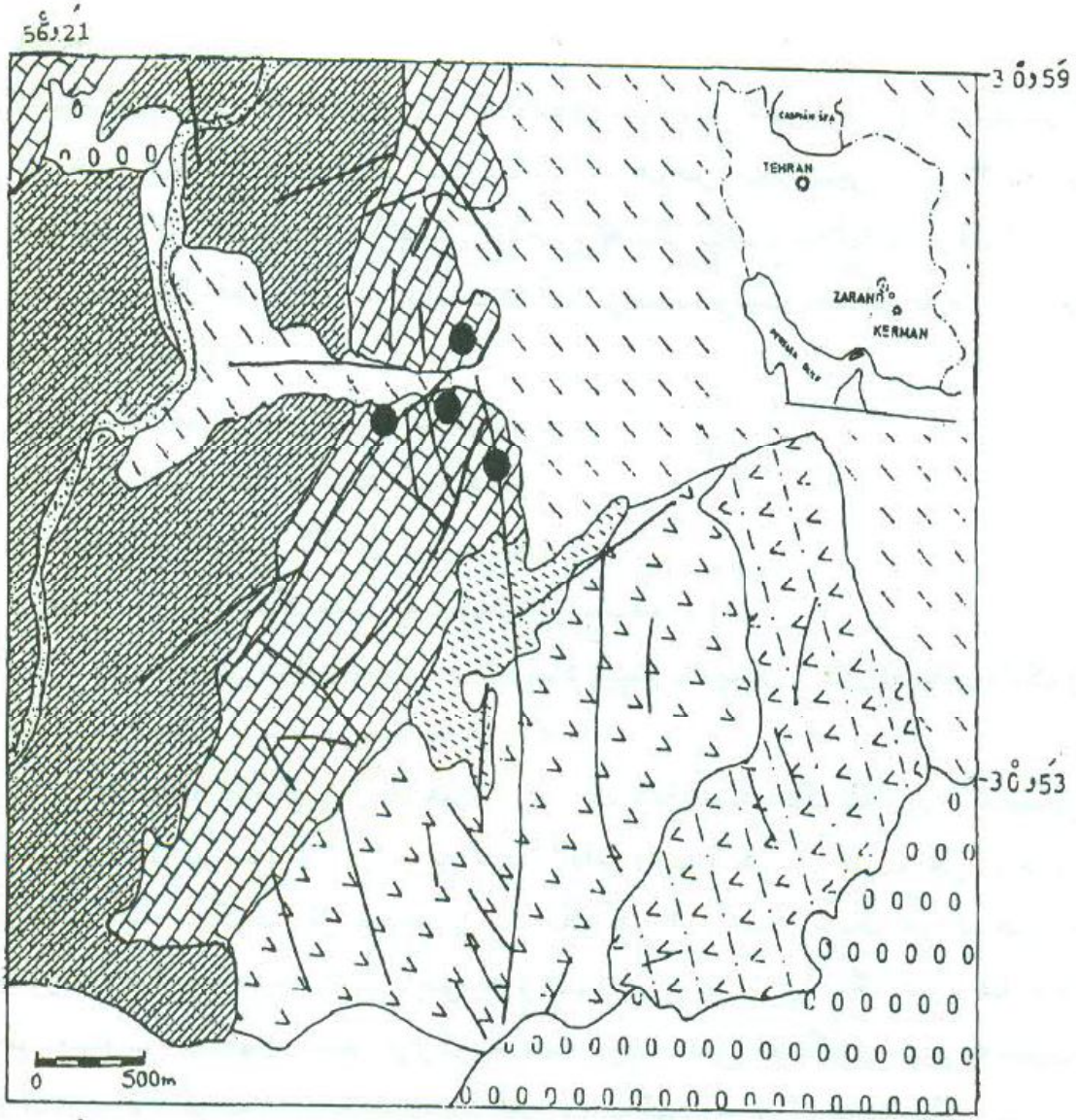
زمین‌شناسی منطقه معدنی جلال آباد بیشتر به پیش از دوران پالئوزوئیک و پالئوزئیک تحتانی مربوط می‌شود (شکل ۱).

در منطقهٔ کانه‌زائی، در افق‌های زیرین یک لایهٔ ماسه سنگ کوارتز فلدسپاتی وجود دارد که در سرتاسر افق زیرین کانسار ادامه دارد (شکل ۲). میزان آهن در محل برخورد ماسه سنگ کوارتز ـ فلدسپاتی با سنگ آهن ۱۲٪ است. سنگ آهن کم عیار به صورت لایه لایه به ضخامت کم تا متوسط و عموماً در بخش بالای سنگ آهن پرعیار و به طور متناوب با سنگهای سیلتی قرار گرفته است. تودهٔ معدنی با سنگهای سیلتی همشیب و متناوب قرار گرفته (شکل ۲) و کقاذیر آهن در سنگهای سیلتی و ماسه‌سنگی بیش از مقادیر آن در سنگهای مشابه است [۲] (جدول ۲). مادهٔ معدنی محدود به بخش خاصی از ستون چینه‌شناسی است و عیار آهن تدریجاً تغییر می‌کند؛ یعنی از بخش ماسه سنگ کوارتز ـ فلدسپاتی کم عیار به بخش پرعیار و سپس به بخش کم عیار و به طرف بالاتر به سنگهای سیلتی‌کم عیارتر منتهی می‌شود. تکرار تناوب بخش کم عیار و پر عیار

**جدول ۱** تقسیم بندی سنگ آهن در کانسار آهن جلال آباد I و II .

| نوع سنگ آهن | ذخیره‌احتمالی(میلیون تن) | درصد آهن | درصد فسفر | درصد گوگرد |
|---|---|---|---|---|
| سنگ آهن ماگنتیتی پر عیار | ۹۱/۶ | ۵۳/۴۷ | ۰/۰۸ | ۱/۱۸ |
| سنگ آهن پر عیار اکسیده | ۲۰/۶ | ۵۵/۷۰ | ۰/۰۵ | ۰/۱۵ |
| سنگ آهن کم عیار | ۸۸/۲ | ۲۳/۵۷ | ۰/۰۸ | ۱/۱۷ |

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]




رسوبهای عصر حاضر (کواترنری) — ماسه های بادی

مخروطهای افکنهٔ جوان (کواترنری) — مخروطهای افکنهٔ قدیم

مارن و ماسه سنگ (نئوژن)

رخنمونهای سنگ آهن

ژیپس، مارن، شیلهای قرمز و بنفش، اسیدهای آتشفشانی و ماسه سنگ (سری دزر - کامبرین تحتانی)

دولومیت، کوارتزیت و ماسه سنگ اسیدهای آتشفشانی (سری ریزو - کامبرین تحتانی)

شیل، ماسه سنگ، گریواکه و چرت (سری مراد - پرکامبرین)

گسل

**شکل ۱** نقشهٔ زمین‌شناسی منطقهٔ معدنی جلال آباد.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]

**جدول ۲** مقایسه درصد متوسط آهن در سنگهای جلال آباد با درصد آهن در سنگهای مشابه

| نوع سنگ | درصد متوسط آهن در سنگهای جلال آباد | متوسط درصد آهن در سنگهای مشابه بر اساس Beus (۱۹۷۶) |
|---|---|---|
| سنگ آهک دولومیتی | ۴/۵۵ | ۰/۸۶ |
| دیاباز | ۹/۶۳ | ۷/۵ |
| تالک و کلریت شیست | ۴/۳ | ۵ |
| سنگهای سیلیتی | ۱۱/۴۵ | ۴/۸ |
| ماسه سنگ کوارتز فلدسپاتی | ۱۲ | ۲/۸ |

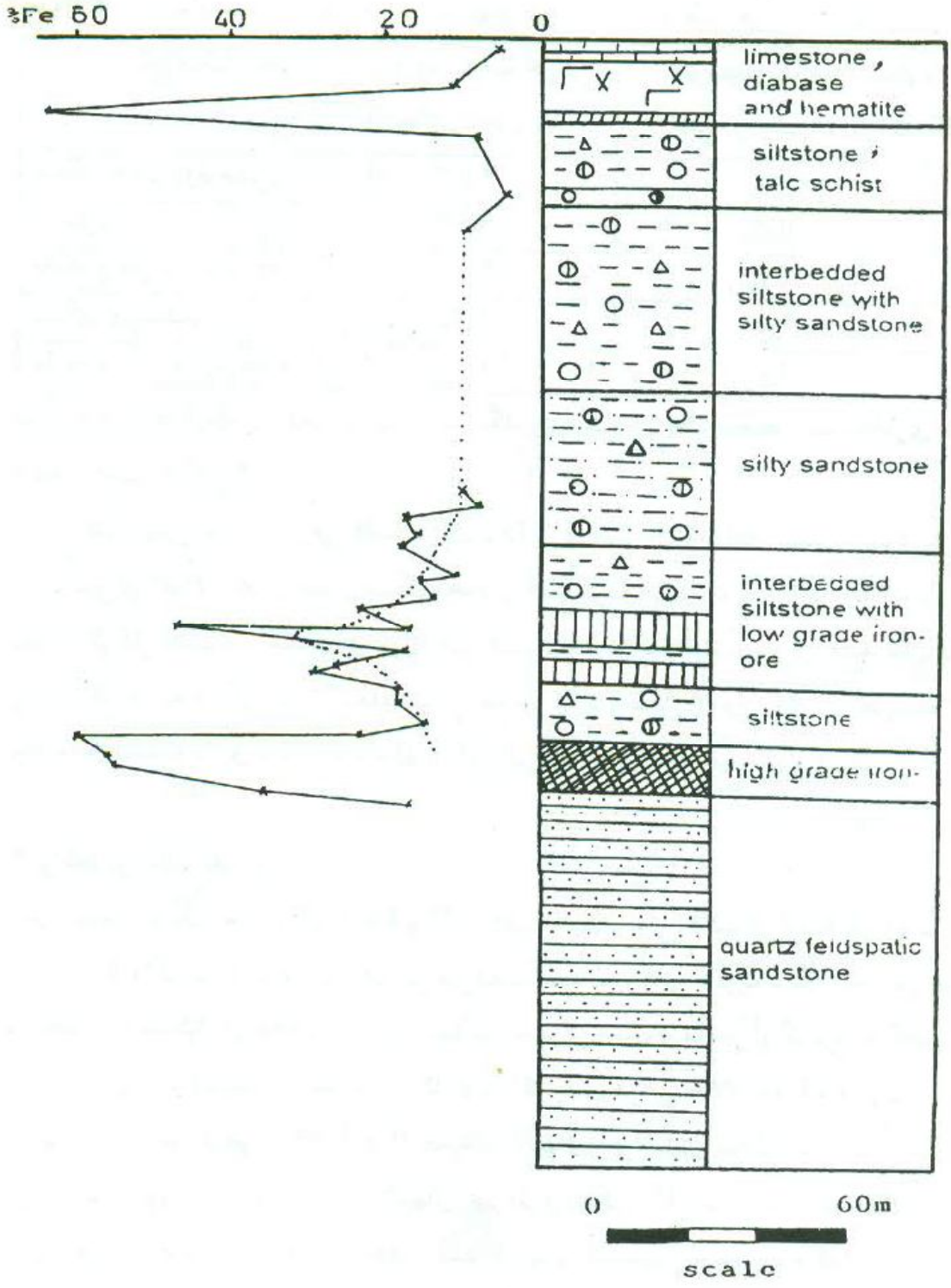
نشان دهندهٔ فعالیت و توقف فعالیت رسوبگذاری آهن در یک محیط رسوبگذاری در منطقه است (شکل ۲).

در بخش جنوب شرقی کانسار یک تودهٔ بازی همراه با تعدادی دایک وجود دارد که بعضی از آنها لایه‌های حاوی سنگ معدن را قطع کرده است. کانسار آهن جلال آباد I لایه‌ای شکل است و با سنگهای دیواره‌ای همشیب قرار گرفته است و در همه حال در زیر آن افق ماسه سنگی کوارتز ـ فلدسپاتی حضور دارد (شکل ۳) ولی کانسار آهن جلال آباد II نامنظم است و نسبت به سنگهای کربناتی هم جوار ناهمشیب قرار دارد.

## کانی‌شناسی ماده معدنی

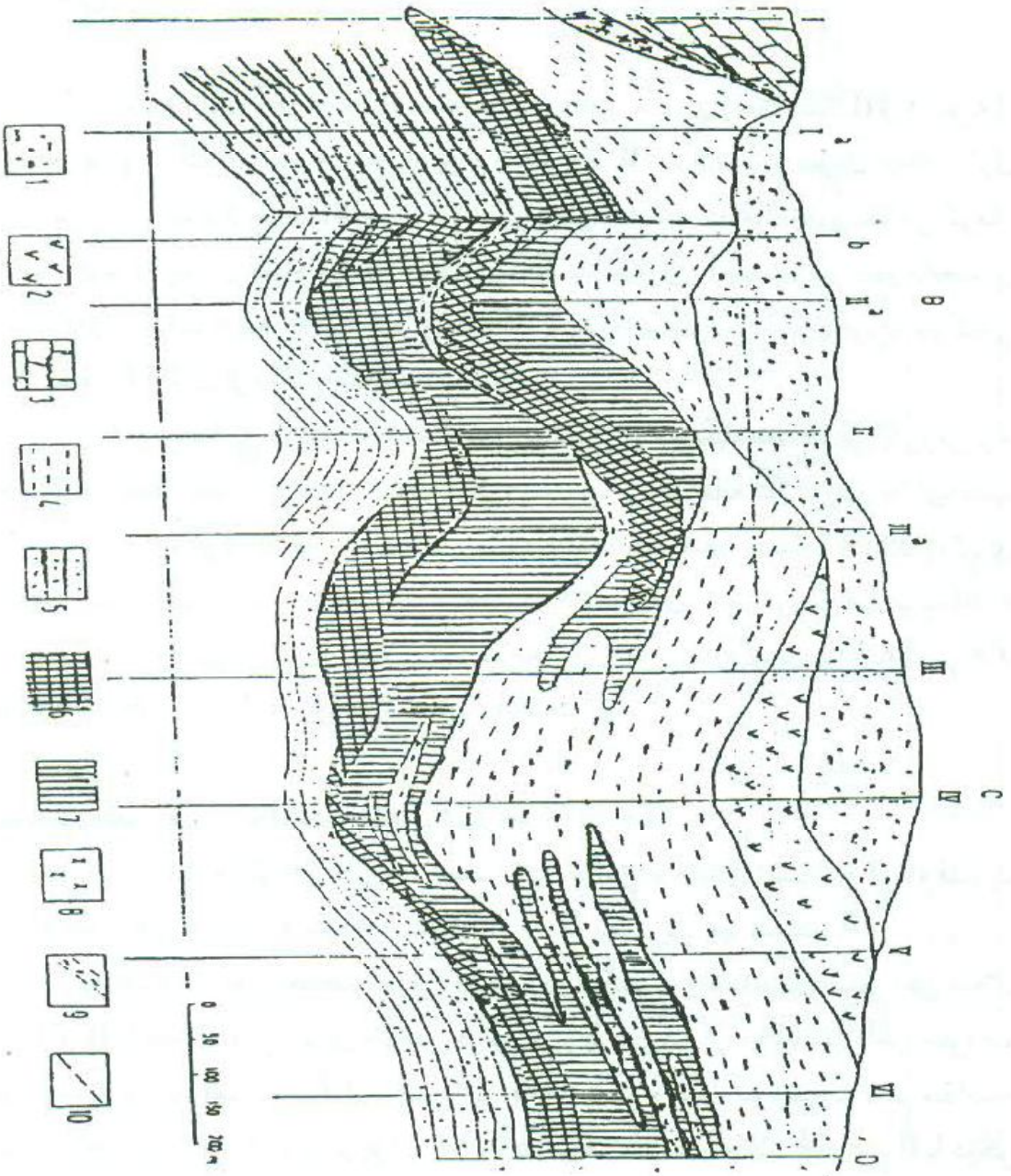
کانی اصلی سنگ آهن جلال آباد I و II ماگنتیت است. ولی کانیهای اولیهٔ در کانسار جلال‌آبادI ماگنتیت و پیروتیت تشکیل می‌دهند. هماتیت کانی ثانویه سنگ آهن در هر دو کانسار را تشکیل می‌دهد و در زون اکسایش متمرکز است و مقدار آن کمتر از ماگنتیت است. مارتیت، ایلمنیت و لیمونیت از کانیهای اکسیدی فرعی جلال‌آباد I و لیمونیت از کانیهای اکسیدی فرعی جلال آباد II هستند. کانیهای سولفیدی جلال‌آباد I عبارتند از مارکاسیت، کوولین، و بورنیت . از کانیهای غیرفلزی تالک و کلریت در کانسار جلال آباد I، به‌فراوانی یافت می‌شوند. و به مقدار کمتر کانیهای کلسیت، دولومیت و کوارتز دیده می‌شوند. کانیهای غیرفلزی موجود در جلال‌آباد II بیشتر شامل کلسیت و دولومیت است.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]




**شکل ۲** نمودار تغییرات عیار آهن در چاه شماره ۲۳، معدن آهن جلال‌آباد I. منحنی نقطه چین، شکل تعدیل شدهٔ منحنی تغییرات مقادیر آهن را نشان می‌دهد.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]



**شکل ۳** مقطع طولی کانسار زرند (گولوتف و همکاران، ۱۹۷۶).

" راهنما"

۱ ـ رسوبهای مزوزوئیک، سنوزوئیک
۲ ـ تشکیلات آذرین بیرونی
۳ ـ آهک دولومیتی
۴ ـ سنگ سیلیتی و ماسه سنگ سیلتی
۵ ـ ماسه سنگ
۶ ـ سنگ آهن با عیار بالای ۴۵ درصد
۷ ـ سنگ آهن با عیار زیر ۴۵ درصد
۸ ـ گابرو ـ دیوریت
۹ ـ زون گسلش (شیستی و میلونیتی)
۱۰ ـ گسل

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]

## ژئوشیمی

### روش کار

تعداد ۱۰ نمونه سنگ آهن از اعماق مختلف مغزه‌های حفاری (جلال آبادI) و ۲ نمونه از رخنمونهای سنگ آهن در سطح زمین (جلال‌آباد II) برداشت،و برای جداسازی ماگنتیت و هماتیت از مواد باطله و از یکدیگر به آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کرمان ارسال کردیم. پس از انجام مراحل خردایش، یکسان سازی، آسیاب، سرند،و دانه‌بندی نمونه‌های آسیاب شده، با استفاده از دستگاه هیدروسیکلون و بروموفورم، دو کانی ماگنتیت و هماتیت از مواد باطله جدا شدند.

برای جداسازی ماگنتیت و هماتیت از یکدیگر از دستگاه مغناطیسی با روش‌تر و خشک استفاده شد. با توجه به اینکه میکروسکوپ و ریزگمانهٔ الکترونی دارای دقت لازم برای اندازه‌گیری عناصر کمیاب در حدود p.p.m در کانیها نیستند، لذا اندازه‌گیری عناصر کمیاب در ماگنتیت و هماتیت موجود در کانسارهای آهن به‌روش مرطوب انجام گرفت که در خصوص کانسار جلال آباد نیز همین روش اندازه‌گیری برای عناصر Cr، Cu، Pb، Mo، V، Mn، Ni و Co به‌کارگرفته‌شد.

### ژئوشیمی عناصر جزئی در ماگنتیت و هماتیت کانسار جلال آباد I و II

جایگزینی عناصر جزئی در کانی‌ها، تحت تأثیر عوامل متعددی است که گرما، فشار، خواص فیزیکی عناصر، و محیط شیمیائی از جملهٔ مهمترین آنها هستند.

مقادیر و نسبتهای عناصر جزئی موجود در ماگنتیت و هماتیت کانسار آهن جلال آبادI و II با مقادیر و نسبتهای عناصر جزئی مربوط به بیش از ۹۰کانسار آهن معروف دنیا با تیپهای مختلف که از گزارشات [۳]و [۴] استخراج شده بودند، با هم مقایسه شدند (جداول ۳ و ۴). برای پی‌بردن به موارد شباهت کانسار جلال آباد I و II با دیگر کانسارهای آهن، شباهتها امتیاز بندی شدند. امتیازبندی بدین صورت انجام گرفت‌که چنانچه مقدار یک عنصر، یا نسبتهای آن اختصاصاً به یک تیپ کانسار خاص شباهت داشت، ۴ امتیاز، در صورتی که به دو مورد شباهت داشت، ۳ امتیاز، به تعداد موارد شباهت به ۳ نوع کانسار ۲ امتیاز و به بیش از ۳ نوع، یک امتیاز در نظر گرفته شد. از مجموع امتیازات می‌توان گفت که از نظر مقدار عناصر جزئی، کانسار آهن جلال آبادI بیشتر به کانسارهای نوع آتشفشانی - رسوبی (رسوبی - تبخیری) و کانسار آهن جلال آبادII، به کانسارهای نوع جانشینی (متاسوماتیک) شباهت دارند.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]

| عناصر با نسبت آنها | کانسار جلال‌آباد: مقادیر عناصر یا نسبت آنها H ppm | M ppm | نیپ‌های مختلف کانسارهای آهن: کانسارهای آهن رسوبی ـ آتشفشانی: نیپ LahnDill H | M | نیپ Stratified H | M | نیپ Kiitila H | M | کانسارهای آهن جانشینی: نیپ اسکارنی H | M | نیپ فیلاند H | M | نیپ سوئد H | M | کانسارهای ماگمایی آهن: نیپ ماگمایی بازیک H | M | نیپ سی‌نیت پوررفیری H | M | نیپ آهن آپاتیت‌دار H | M |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cr | ۱۴ | ۷/۷ | ○ | △ | - | △ | - | △ | ○ | △ | - | △ | ○ | - | ○ | - | - | - | △ | - |
| Cu | ۱۵۴۴ | ۴۵ | - | △ | - | △ | - | △ | - | △ | - | △ | - | △ | - | △ | - | △ | - | - |
| Co | ۴۵۲ | ۹۳ | - | - | - | □ | - | □ | - | □ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ni | ۱۷۰ | ۸۳ | ⊙ | △ | - | - | - | △ | - | - | - | - | - | - | - | △ | - | - | - | - |
| Mn | ۲۷۸ | ۱۰۴ | ✪ | - | - | - | - | - | - | - | ✪ | - | - | - | - | - | - | - | ✪ | - |
| Ti | ۱۷۷/۷ | ۱۱۳/۲ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| V | ۳۳/۴ | ۲۳/۶ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ⊙ | - | - | - | - | - | - | - |
| Mo | ۲۲۹ | ۲۳۲ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Zn | ۲۲۱ | ۸۰۰ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Co/Ni | ۲۶۵ | ۱/۱۲ | - | □ | - | □ | - | □ | - | - | - | - | - | - | ⊙ | □ | - | - | - | - |
| Co/V | ۱۲/۵ | ۳/۹ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ti/V | ۵/۳ | ۴/۸ | - | △ | - | △ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | △ | - | △ | - | - |
| Cr/V | ۰/۴ | ۰/۳۲ | - | △ | - | △ | - | △ | - | - | - | - | ⊙ | - | - | △ | - | △ | - | - |
| Zn/V | ۶/۶ | ۳۳/۸ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| تعداد موارد شباهت | | | ۱۲ | | ۱۰ | | ۳ | | ۶ | | ۴ | | ۹ | | ۱۰ | | ۴ | | ۵ | |
| جمع امتیازات | | | ۲۵ | | | | | | ۱۹ | | | | | | | | | | | |

⊙ شباهت انحصاری ۴ امتیاز　□ شباهت به دو نیپ ۳ امتیاز　✪ شباهت به سه نیپ ۲ امتیاز　○ △ شباهت به بیش از سه نیپ ۱ امتیاز　- اندازه گیری نشده است

**جدول ۳:** مقادیر عناصر جزئی و نسبت آنها در کانسار آهن جلال‌آباد I و موارد شباهت هر کدام با دیگر تیپ‌های کانسار آهن در دنیا

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]

| کانسار جلال‌آباد | | | تیپ‌های مختلف کانسارهای آهن | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | کانسارهای ماگمایی آهن | | | | | | کانسارهای آهن جانشینی | | | | | | کانسارهای آهن رسوبی - آتشفشانی | | | | | | | | | |
| عناصر با نسبت آنها | مقادیر عناصر یا نسبت آنها | | تیپ آهن آپاتیت‌دار | | تیپ سی‌نیت پورفیری | | تیپ ماگمایی بازیک | | تیپ سوئد | | تیپ فنلاند | | تیپ اسکارنی | | تیپ Kiruna | | تیپ Stratified | | تیپ LahnDill | | | | | |
| | H ppm | M ppm | H | M | H | M | H | M | H | M | H | M | H | M | H | M | H | M | H | M | | | | |
| Cr | ۵۶۰ | ۵۵۳ | - | - | - | - | - | ⊙ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| Cu | ۸۰۸/۵ | ۱۲۰ | - | - | - | - | - | - | - | - | ⊙ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| Co | ۹۸ | ۸۸ | - | ○ | - | - | Δ | - | ○ | - | - | ○ | - | ○ | - | - | - | ○ | - | - | | | | |
| Ni | ۱۰۶ | ۸۳ | - | - | - | ○ | - | - | - | - | - | - | - | ○ | - | - | - | ○ | ○ | - | | | | |
| Mn | ۱۰۱۰/۵ | ۵۷۵/۵ | - | - | - | - | ○ | - | ○ | - | ○ | - | ○ | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| Ti | ۳۲۴/۵ | ۴۸۹ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | ⊙ | - | - | - | - | - | | | | |
| V | ۴۰ | ۶۰ | - | - | - | - | ⊙ | - | - | ● | - | - | ● | - | ● | - | - | - | ● | - | | | | |
| Mo | ۲۶ | ۴۹ | - | - | - | - | ● | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| Zn | ۲۶/۵ | ۳۲/۵ | ○ | - | ○ | - | - | - | ○ | - | Δ | ○ | Δ | ○ | ○ | - | - | - | ○ | - | | | | |
| Co/Ni | ۰/۹۲ | ۱/۰۶ | - | ● | ○ | - | ○ | - | - | - | - | ○ | - | ○ | - | - | - | - | - | - | | | | |
| Co/V | ۲/۴۵ | ۱/۴۶ | - | - | - | - | - | - | - | ● | Δ | ○ | ● | ● | - | - | - | - | - | - | | | | |
| Ti/V | ۸/۱ | ۸/۱۵ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| Cr/V | ۱۴ | ۹/۲ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| Zn/V | ۱/۱۶ | ۰/۵۴ | - | - | - | - | - | - | ● | ○ | ○ | - | ○ | - | - | - | - | - | ● | - | | | | |
| تعداد موارد شباهت | | جمع امتیازات | ۷ | | ۴ | | ۱۵ | | ۱۲ | | ۱۴ | | ۱۷ | | ۷ | | ۲ | | ۷ | | | | | |
| | | | ۲۶ | | | | | | ۴۳ | | | | | | ۱۶ | | | | | | | | | |

● ⊙ شباهت انحصاری ● □ شباهت به در تیپ ★ ● شباهت به سه تیپ ○ Δ شباهت به بیش از سه تیپ — : اندازه‌گیری نشده است

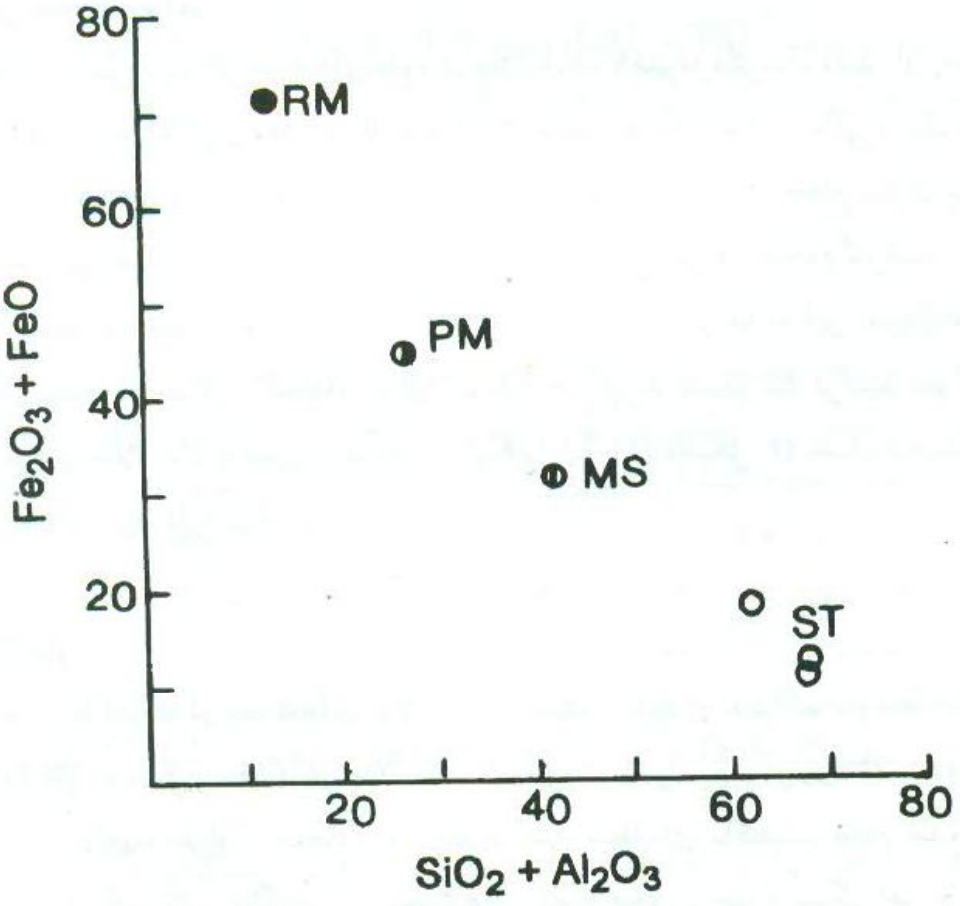
۴ امتیاز ۳ امتیاز ۲ امتیاز ۱ امتیاز

**جدول ۴:** مقادیر عناصر جزئی و نسبت آنها در کانسار آهن جلال‌آباد II و موارد شباهت هر کدام با دیگر تیپ‌های کانسار آهن در دنیا، نمونه برداشت شده از محل برخورد کانسار آهن با آهکهای دولومیتی در سطح بوده است.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]

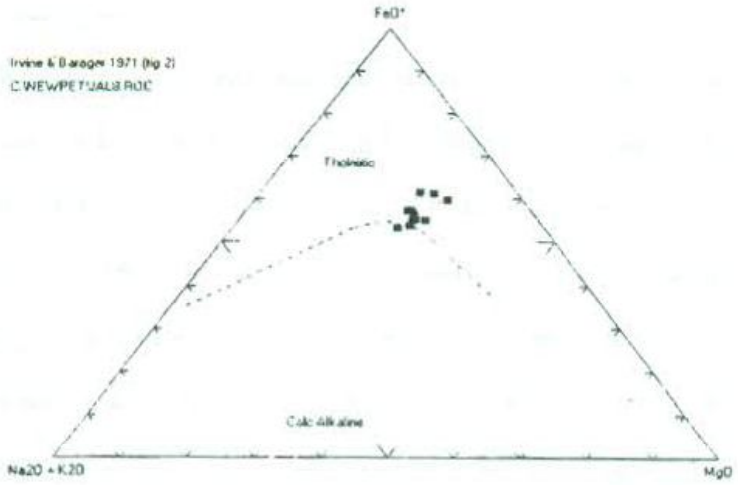
**ژئوشیمی سنگهای رسوبی کانه‌دار**

داده‌های تجزیهٔ شیمیایی نمونه‌های سنگهای سیلیتی در برگیرندهٔ کانسار جلال‌آباد I، با داده‌های اندازه‌گیرهای قبلی [۱] به‌صورت نمودار دوتایی $SiO_2+Al_2O_3$/$FeO+Fe_2O_3$ ترسیم شدند (شکل ۴). همانطور که در شکل مذکور نشان می‌دهد، افزایش عیار آهن سنگهای سیلیتی معمولی به سمت سنگهای سیلیتی کم عیار، پر عیار و سنگ معدن آهن تدریجی است. چنین روندی در طول ستون چینه‌شناسی حاصل از گمانه‌های الماسی نیز قابل مشاهده است. این تغییرات را می‌توان به تناوب افزایش مقادیر آهن نسبت به رسوبات، ضمن رسوبگذاری در یک حوزهٔ رسوبی نسبت داد.




**شکل ۴:** تغییرات مقادیر آهن از سنگهای سیلیتی معمولی (ST) به‌سمت سنگهای سیلیتی کانه‌دار (MS)، سنگهای سیلیتی کم عیار (PM) و نهایتاً سنگ آهن پر عیار (RM)

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]




**شکل ۵ :** موقعیت تودهٔ نفوذی جلال‌آباد درنمودار AFM (ایروین و باراکار، ۱۹۷۱).

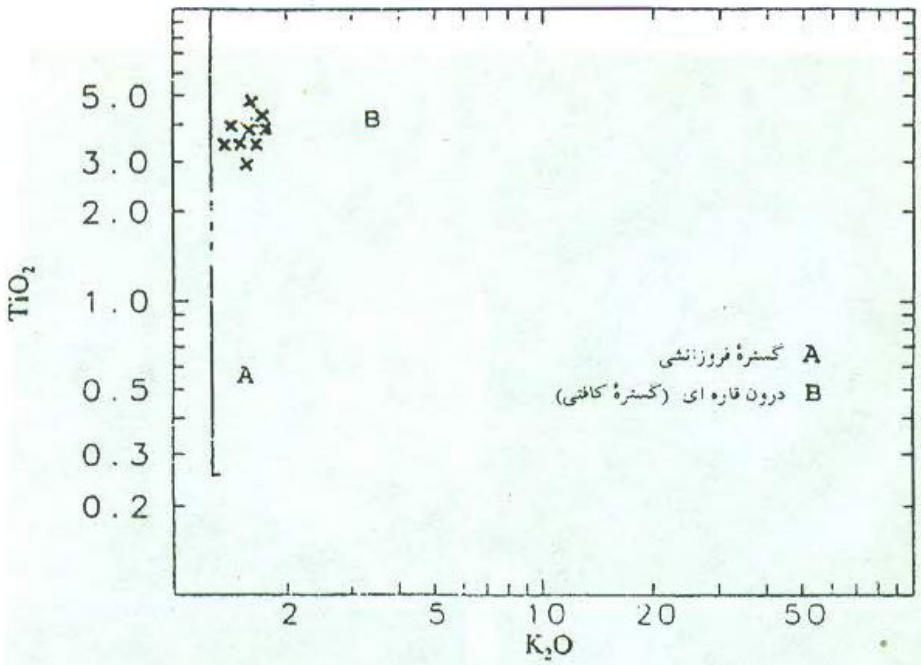
**ژئوشیمی توده‌های نفوذی**

به منظور بررسی شیمیائی توده‌های نفوذی جلال‌آباد، ۹ نمونه دگرسان نشده از رخنمون تودهٔ نفوذی جنوب شرق معدن، یک نمونه از رخنمون دایک بلوک شمالی و یک نمونه دیگر از دایک چاه شماره ۲۳ برداشت شدند،و از تمامی نمونه‌ها مقطع نازک تهیه و تجزیه عناصر اصلی در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی کرمان انجام گرفت. سپس داده‌ها به‌صورت نمودار مثلثی AFM [۵] ترسیم شدند. با توجه به این نمودار مذکور نمونه‌ها بیشتر در سری ماگماهای تولئیتیک قرار می‌گیرند (شکل۵). ترسیم نمونه‌های تودهٔ نفوذی جلال‌آباد به‌صورت نمودار $TiO_2/K_2O$ [۶] (شکل ۶) نشان دهندهٔ یک محیط کافت درون قاره‌ای است.

**بافت کانسار**

بافت کانی ماگنتیت در نمونه‌های جلال آباد I بیشتر انتشاری با تراکم متوسط تا زیاد است (شکل ۷ تصویر الف). در جلال آباد I عمل مارتیتیزاسیون در زون اکسیده بیشتر در درون شکافها، اطراف دانه‌ها، و در امتداد رشد منطقه‌ای ماگنتیت انجام شده است (تصویر ج). بافت کانی ماگنتیت در نمونه‌هائی که از محل برخورد سنگ آهن با سنگ آهک دولومیتی در سطح زمین برداشت شده است (جلال آباد II) بیشتر به‌صورت جانشینی است (تصویرهای ب و د).

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]




**شکل ٦ :** نمودار نسبت $TiO_2$ به $K_2O$، (ترپ ۱۹۸۷) که در آن گسترهٔ سنگهای آتشفشانی فرورانشی (A) و گسترهٔ سنگهای آتشفشانی کافتی درون قاره‌ای (B) مشخص شده است. با توجه به نمودار، نمونه‌های توده‌های نفوذی جلال‌آباد در گسترهٔ کافتی درون قاره‌ای قرار می‌گیرند.

## مدل منشئی

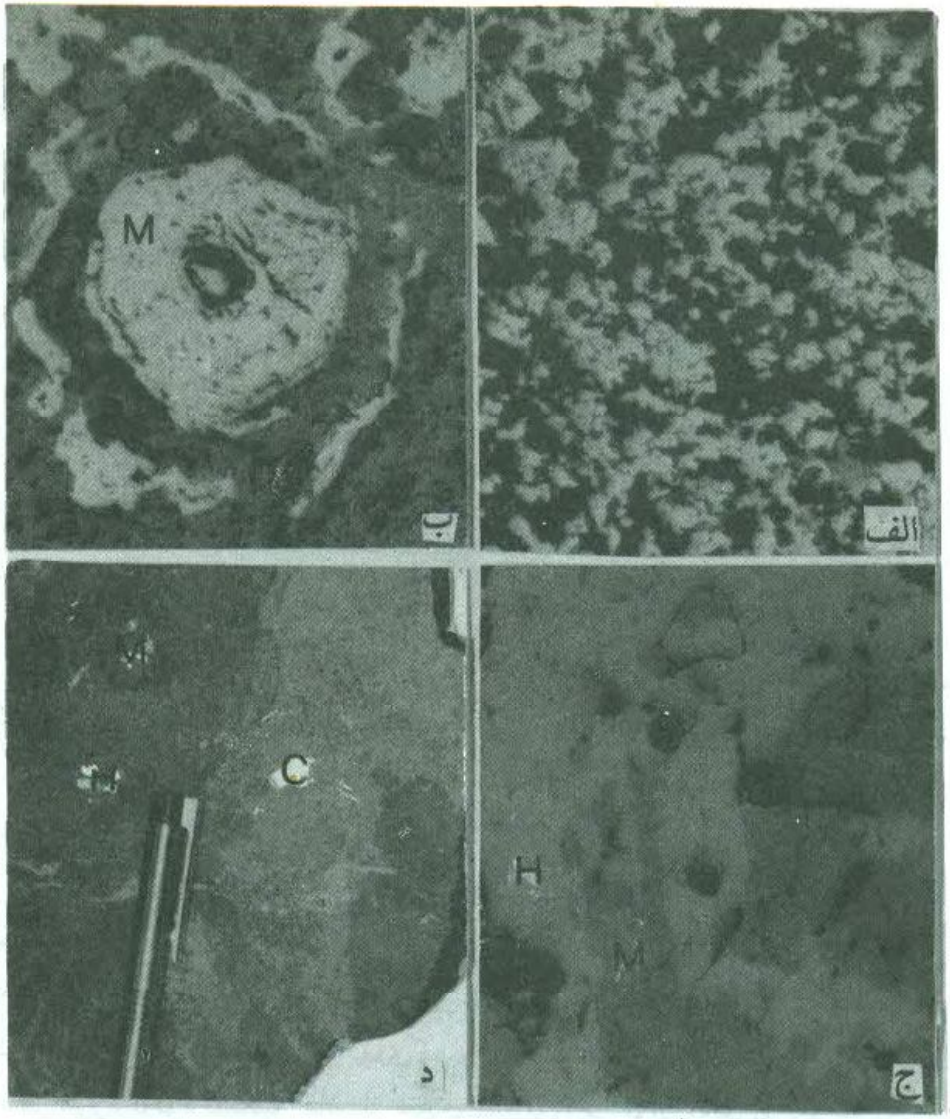
با توجه به شواهد حاصل از بررسیهای چینه‌شناسی، شکل هندسی کانسار، ژئوشیمی ماگنتیت و هماتیت، ژئوشیمی سنگهای رسوبی، ژئوشیمی توده‌های آذرین،و بافت مادهٔ معدنی، در مورد نحوه تشکیل کانسار جلال آبادI، را می‌توان به‌طریق زیر استدلال کرد:

۱) لایه‌ای بودن توده‌های آهن در جلال آبادI که همشیب با لایه‌های رسوبی ماسه سنگی، سیلتی، توفیت، و توف قرار گرفته‌اند، نشانگر ته‌نشینی لایه‌های آهن و لایه‌های رسوبی و آتشفشانی در یک محیط کم عمق درون قاره‌ای است.

۲) ترسیم سنگهای بازی موجود در منطقه معدنی در گسترهٔ کافتهای درون قاره‌ای به‌صورت نمودار TiO2/K2O نشانگر یک محیط کافتی، حداقل در گسترهٔ منطقه معدنی است.

۳) در کانسار آهن جلال آبادI، افزایش تدریجی عیار آهن از سنگهای سیلتی معمولی موجود در منطقه معدنی به‌سمت سنگهای سیلتی کم عیار و پر عیار و بالاخره سنگ معدن پرعیار، نشانگر افزایش تدریجی مقادیر آهن ضمن رسوب‌گذاری در یک حوضه رسوبی است.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]




**شکل ۷**: تصویر الف: بلورهای ریز ماگنتیت با بافت انتشاری (افشان). کانسار آهن جلال‌آباد I، مقطع صیقلی، نور عادی، بزرگنمائی ۵۰×.

تصویر ب: جانشینی کلسیت به‌وسیلهٔ بلورهای ماگنتیت، کانسار آهن جلال آباد II. مقطع صیلقی، نور عادی، بزرگنمایی ۵۰×.

تصویر ج: تبدیل ماگنتیت به هماتیت در امتداد رشد منطقه‌ای اولیه ماگنتیت. کانسار آهن جلال آباد I، نور عادی، بزرگنمایی ۱۲۵×.

تصویر د: جانشینی سنگ آهک به‌وسیلهٔ ماگنتیت و هماتیت، تصویر از نمونه دستی معدن آهن جلال‌آباد II، C = سنگ آهک، M = ماگنتیت، H = هماتیت.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]

۴) حضور سنگهای آتشفشانی آذر آواری در ستون چینه شناسی منطقهٔ معدنی جلال آبادI، نشانگر فعالیتهای آتشفشانی در منطقه است.

۵) نبودن بافت جانشینی در لایه‌های آهندار جلال‌آبادI که بطور همشیب با سنگهای دیواره‌ای قرار دارند و هم شیب بودن تودهٔ معدنی با سنگهای رسوبی دیواره‌ای، امکان تشکیل کانسار آهن جلال آباد I از طریق جانشینی را رد می‌کند.

۶) مقایسهٔ نتایج حاصل از تجزیه شیمیائی ماگنتیت و هماتیت جلال آباد I، با ماگنتیت و هماتیت انواع مشهور کانسارهای آهن دنیا نشانگر آنست که کانسار آهن جلال آباد I با کانسارهای آتشفشانی- متصاعدی بیشترین شباهت را دارد.

۷) از نکات ۱ الی ۶ می‌توان به‌این رسید که کانسار آهن جلال آبادI، در نتیجهٔ خروج شاره‌های تبخیری ناشی از فعالیت آتشفشانهای موجود در کافت درون قاره‌ای و نیز از منابع قاره‌ای موجود در منطقهٔ معدنی تشکیل شده است. در مورد نحوهٔ تشکیل کانسار آهن جلال آبادII، با توجه به مطالعات بافت سنگ معدن، ژئوشیمی ماگنتیت و هماتیت،و شکل هندسی کانسار، چنین استدلال می‌شود:

۱) مطالعهٔ بافت و ساخت در کانسار جلال آبادII، نشانگر آنست که سنگ معدن به‌صورت جانشینی در درون سنگهای آهکی تشکیل شده است.

۲) مقایسهٔ نتایج حاصل از تجزیه شیمیائی ماگنتیت و هماتیت جلال آبادII، با ماگنتیت و هماتیت انواع مشهور کانسارهای آهن دنیا، نشانگر منشئی جانشینی برای جلال آبادII است.

۳) تودهٔ معدنی در کانسار جلال آبادII دارای شکلی نامنظم است و بر خلاف جلال آبادI نسبت به سنگهای در بر گیرنده ناهمشیب قرار دارد.

۴) از نکات ۱ الی ۳ نتیجه می‌شود که کانسار جلال آبادII در نتیجهٔ جانشینی آهن در سنگهای آهکی دولومیتی حاصل شده است. با توجه به عدم وجود کانی‌های اسکارن در سنگهای آهک دولومیتی می‌توان به‌این نتیجه رسید که احتمالاً در اثر جایگزینی توده‌های آذرینی که بعد از تشکیل جلال آبادI در منطقه معدنی روی داده‌است، آبهای فرورو و یا آبهای فسیلی موجود در جلال آباد I داغ و متحرک شده‌اند و پس از شستن آهن از درون سنگهای آهندار و صعود به بالا، آهن را در درون سنگهای آهک دولومیتی به‌صورت جانشینی ته‌نشین نموده‌اند.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]

## مراجع

1. Geotov, V.I. and Esev, Y.M. (1976) Report on result of preliminary survey of the Zarand iron ore deposit, NIS Co, v/o "*TECHNOEXPORT*" USSR, **1**,104P.
2. Beus, A. A. (1976) Geochemistry of the Lithosphere, Mir Pub. USSR, Moscow , 366p.
3. Frietsch, R. (1970) Trace element in magnetite and hematite mainly from northern Sweden, *Sveriges, Geol. unders. Ser. c,* 646p.
4. Loberg, B.E.H. and Horndahl, A.K. (1983) Ferried geochemistry of Swedish Precambrian iron ores, *Mineralium Deposita,* v.**18** , p.487-504.
5. Irvin, T.N. and Baragar, W.R.A (1971) A guide to the chemical classification of common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.,* **8**, 253-548.
6. Thorpe, R.S. (1987) Permian K-rich volcanic rocks of Devon: petrogenesis, tectonic setting and geological significance, transaction of the Royal Society of Edinburg, *Earth Science,* V.77, p.361-364.

[ Downloaded from ijcm.ir on 2025-06-05 ]