

مگنتیت؛ میدان تازه رقابت فناوری‌های فرآوری معدنی

گلنکور تکنولوژی با توسعه حضور خود در چین، فرصت‌های رشد در فرآوری مگنتیت و بهینه‌سازی کارخانه‌های موجود را دنبال می‌کند؛ حوزه‌هایی که افزایش بازایی، ارتقای عیار کنسانتره و کاهش مصرف انرژی در آن‌ها به مزیت‌های رقابتی مهم صنعت معدن تبدیل شده‌اند.

شرکت فناوری گلنکور (Glencore Technology) با افتتاح رسمی دفتر خود در پکن و استقرار کارکنان تمام‌وقت در چین، گام تازه‌ای برای توسعه همکاری با شرکت‌های معدنی این کشور برداشته است؛ اقدامی که با تمرکز بر توسعه فناوری‌های فرآوری مواد معدنی، بهینه‌سازی کارخانه‌های موجود و پاسخ‌گویی به نیازهای فزاینده صنعت معدن برای افزایش بازایی، کاهش مصرف انرژی و ارتقای پایداری همراه است.

شرکت Glencore Technology با بیش از ۴۰ سال تجربه در حوزه فرآوری مواد معدنی، مجموعه‌ای از فناوری‌ها را در بخش‌های مختلف زنجیره تولید، از آسیابانی و فلوئاسیون تا لیچینگ، ذوب و الکترویفاینینگ، ارائه می‌کند. فناوری‌های اصلی این شرکت شامل آسیاب IsaMill، Jameson Cell و سلول فلوئاسیون Albion برای لیچینگ و فرآوری مواد معدنی، فناوری ذوب ISASMELT و فناوری الکترویفاینینگ IsaKidd است. بر اساس اطلاعات اعلام‌شده از سوی این شرکت، تاکنون بیش از ۱۶۰ دستگاه آسیاب IsaMill و بیش از ۵۰۰ سلول فلوئاسیون Jameson در نقاط مختلف جهان نصب شده‌اند. گلنکور تکنولوژی، بازایی بالاتر مواد معدنی، بهبود عیار کنسانتره و کاهش هزینه‌های نگهداری را از جمله مزایای فناوری Jameson عنوان می‌کند.

همچنین، فرآیند Albion در صورت استفاده برای برخی کانسنگ‌های پیچیده و متناسب با ویژگی‌های آن‌ها، می‌تواند به نرخ بازایی بیش از ۹۹ درصد در مرحله لیچینگ دست یابد؛ ظرفیتی که این فناوری را به یکی از گزینه‌های قابل بررسی برای فرآوری مواد معدنی دشوارتر تبدیل می‌کند. چین، بازار هدف و بخشی از زنجیره تأمین فناوری اگرچه به گفته Glencore Technology، در حال حاضر تجهیزات عمده این شرکت به‌طور مستقیم در معادن چین نصب نشده‌اند، همکاری با شرکت‌های معدنی چینی سابقه‌ای طولانی دارد. در برخی پروژه‌های معدنی خارج از چین که مالکیت آن‌ها در اختیار شرکت‌های چینی است، از سلول‌های فلوئاسیون Jameson و آسیاب‌های IsaMill استفاده شده است.

چین علاوه بر بازار هدف، بخشی از شبکه تولید این شرکت نیز به شمار می‌رود. یک تولیدکننده مستقر در شهر تیانجین حدود ۱۵ سال است که سلول‌های Jameson را تولید می‌کند. همچنین، تأمین‌کننده‌ای در شانگهای ساخت آسیاب‌های IsaMill را برای تحویل به هند بر عهده دارد. افتتاح دفتر پکن و استقرار نیروی انسانی تمام‌وقت، در همین چارچوب می‌تواند زمینه‌تعامل نزدیک‌تر با شرکت‌های معدنی چین و توسعه همکاری‌های فنی و تجاری در این بازار را فراهم کند.

یکی از محورهای برنامه گلنکور تکنولوژی برای توسعه همکاری با مشتریان، کاهش هزینه و پیچیدگی ارزیابی فناوری‌های فرآوری است. این شرکت در همین راستا، یک سلول فلوئاسیون قابل‌حمل Jameson را برای انجام آزمایش‌های پایلوت معرفی کرده است؛این تجهیزات امکان ارزیابی عملکرد فناوری در شرایط آزمایشی و بررسی فرآیندهای مختلف از جمله فرآوری کنسنگ‌ها و ظرفیت حدود یک تن در ساعت، را فراهم می‌کنند. چنین آزمایش‌هایی می‌توانند به شرکت‌های معدنی در سنجش کارایی فناوری و بررسی امکان استفاده از آن در مقیاس صنعتی کمک کنند.

■ **پرمیارسازی مگنتیت؛ فرصت تازه برای فناوری‌های فرآوری**

گلنکور تکنولوژی، فرآوری مگنتیت را یکی از حوزه‌های دارای ظرفیت رشد می‌داند. کانسنگ‌های مگنتیتی با عیار پایین برای دستیابی به کنسانتره باکیفیت، به فرآیندهای مؤثر جدایش مغناطیسی و فلوئاسیون نیاز دارند؛ موضوعی که اهمیت فناوری‌های افزایش بازایی و ارتقای کیفیت محصول نهایی را بیشتر می‌کند.در چنین شرایطی، توسعه راهکارهای فرآوری متناسب با ویژگی‌های کانسنگ و کاهش اتسلاف مواد معدنی در مراحل مختلف تولید، می‌تواند به افزایش بهره‌وری کارخانه‌ها و بهبود عملکرد اقتصادی پروژه‌های معدنی کمک کند.

در کنار پروژه‌های جدید، بهینه‌سازی و افزایش ظرفیت کارخانه‌های فعال نیز یکی از محورهای راهبردی این شرکت است. با توجه به تمایل بخشی از شرکت‌های معدنی به ارتقای تأسیسات موجود به‌جای احداث کارخانه‌های جدید، ویژگی‌هایی مانند ابعاد فشرده و انعطاف‌پذیری سلول‌های فلوئاسیون Jameson در نصب و راهاندازی می‌تواند مزیت عملیاتی ایجاد کند.

افزایش راندمان آسیابانی، کاهش مصرف انرژی و محدودکردن ردپای کربن نیز از دیگر محورهای مورد توجه Glencore Technology است. این رویکرد در شرایطی اهمیت دارد که شرکت‌های معدنی برای حفظ رقابت‌پذیری، ناگزیرند افزایش بازایی مواد معدنی را با بهبود بهره‌وری انرژی و کاهش آثار زیست‌محیطی فعالیت‌های خود همراه کنند.

■ **هدف‌گذاری برای همکاری بلندمدت با صنعت معدن چین**

Glencore Technology اعلام کرده است که قصد دارد به شریک فناوری بلندمدت شرکت‌های معدنی چین تبدیل شود. ارائه خدمات طراحی فرآیند، تأمین تجهیزات و پشتیبانی در طول عمر عملیاتی آن‌ها، از جمله محورهای این برنامه است.

این شرکت با توسعه حضور محلی خود، در پی کمک به بهره‌برداران معدنی برای مواجهه با چالش‌هایی همچون افت عیار کانسنگ‌ها، افزایش هزینه‌های انرژی، بهبود بازایی مواد معدنی و رعایت الزامات زیست‌محیطی است؛ چالش‌هایی که با پیچیده‌ترشدن ذخایر معدنی و افزایش فشار برای تولید پایدارتر، نقش فناوری‌های پیشرفته فرآوری را در آینده صنعت معدن پررنگ‌تر می‌کنند.

چالش‌ها و رویکرد کشورهای شورای همکاری خلیج فارس در ساماندهی فعالیت‌های معدنی را بررسی می‌کند

تفاوت رویکردهای معدنی در خلیج فارس



معدنکاری سنتی و کوچک‌مقیاس در بسیاری از کشورهای جهان، هم‌زمان نقشی اقتصادی و چالش‌هایی زیست‌محیطی و اجتماعی ایجاد کرده است. میلیون‌ها نفر از این فعالیت‌ها امرار معاش می‌کنند، اما ضعف ایمنی، محدودیت دسترسی به فناوری و سرمایه، فعالیت‌های غیررسمی و دشواری نظارت بر استخراج، ضرورت بازنگری در شیوه مدیریت این بخش را افزایش داده است. با این حال، راهکار مواجهه با این چالش‌ها در همه کشورها یکسان نیست و به ساختار اقتصادی، ظرفیت‌های زمین‌شناسی و چارچوب‌های قانونی هر کشور بستگی دارد. بررسی تجربه کشورهای مختلف، از اقتصادهای در حال توسعه تا کشورهای حاشیه خلیج فارس، نشان می‌دهد که ساماندهی فعالیت‌های معدنی نیازمند تفکیک معدنکاری معیشت‌محور از صنعت معدنی سازمان‌یافته است. در این گزارش، **معدنی** ضمن بررسی چالش‌ها و راهکارهای ارتقای معدنکاری سنتی، نگاهی نیز به تجربه کشورهای منطقه و تفاوت رویکرد آنها در مدیریت منابع معدنی، توسعه سرمایه‌گذاری و تنظیم مقررات دارد.

از خام‌فروشی تا ارزش افزوده

دولت عمان با اتکا به سیاست‌های جدید و جذب سرمایه‌گذاری خارجی، به دنبال احیای این ظرفیت تاریخی است. طبق اعلام وزارت انرژی و معادن عمان، این وزارتخانه در سال‌های اخیر اصلاحات گسترده‌ای را در قوانین و نظام صدور مجوزها به اجرا گذاشته است. هم‌زمان شرکت توسعه معادن عمان به عنوان بازوی توسعه‌ای دولت، مسئولیت هدایت پروژه‌های بزرگ معدنی را بر عهده گرفته است. به گزارش MDO، این شرکت طی سال‌های اخیر در مجموعه‌ای از محدوده‌ها و دارایی‌های معدنی فعال بوده و میلیاردها دلار سرمایه‌گذاری را در پروژه‌های بالادستی و پایین‌دستی هدایت کرده است. توسعه ذخایر مس، کرومیت، سیلیس، گچ، سنگ آهک و دولومیت در کنار ایجاد صنایع فرآوری، از جمله مأموریت‌های اصلی این مجموعه محسوب می‌شود. راهبرد عمان تنها به استخراج مواد خام محدود نیست. بر اساس برنامه توسعه بخش معدن و صنایع پایین‌دستی وزارت انرژی و معادن، افزایش ارزش افزوده محصولات معدنی پیش از صادرات، یکی از اهداف اصلی این کشور تعریف شده است. توسعه صنایع شیشه، آلیاژهای مسی، منیزیم، سیلیکون و سایر محصولات معدنی بخشی از این سیاست محسوب می‌شود.در

عمان برای دهه‌ها با نفت تعریف می‌شد، اما امروزه در حال بازتعریف جایگاه خود بر پایه ذخایر معدنی است. کشوری که در متون تاریخی با نام «هجان» یا سرزمین مس شناخته می‌شد، اکنون تلاش می‌کند با احیای معدنکاری و توسعه صنایع معدنی، یکی از پایه‌های اقتصاد غیرنفتی خود را بنا کند.

عمان بر خلاف بسیاری از کشورهای حاشیه خلیج فارس، تنها به منابع هیدروکربنی متکی نیست. به نقل از Invest Oman، رشته‌کوه‌های حجر بیش از ۷۰۰ کیلومتر امتداد دارند و میزبان ذخایر متنوعی از مس، کرومیت، طلا، سنگ آهک، دولومیت، سیلیس و گچ هستند. همین تنوع معدنی موجب شده بخش معدن در سند «چشم‌انداز عمان ۲۰۴۰» به عنوان یکی از محورهای اصلی تنوع‌بخشی اقتصادی تعریف شود. بر اساس اهداف اعلام‌شده توسط همین منبع، سهم معدن در تولید ناخالص داخلی عمان باید از حدود ۱.۴ درصد در سال ۲۰۲۰ به حدود ۱۰ درصد در افق ۲۰۴۰ افزایش یابد.

هرچند استخراج مس در عمان قدمتی چند هزار ساله دارد، اما طی دهه‌های اخیر صنعت معدن این کشور تحت تأثیر رونق درآمدهای نفتی، جایگاه خود را از دست داد. با این حال، اکنون

بخش معدنی قطر در مقایسه با کشورهای دارای ذخایر گسترده فلزی، بیشتر بر تولید مواد معدنی صنعتی و مصالح موردنیاز ساخت‌وساز متمرکز است. بر اساس داده‌های سازمان زمین‌شناسی امریکا، در سال ۲۰۲۶ محصولاتمانند سیمان، آهک، سنگ، شن و ماسه و همچنین فولاد و گوگرد در این کشور تولید می‌شدند. قطر در همان سال دومین تولیدکننده بزرگ هلیوم جهان نیز بود؛ محصولی که ارتباط آن با بخش گاز طبیعی، جایگاه ویژه‌ای در ساختار منابع این کشور ایجاد می‌کند. چارچوب قانونی بهره‌برداری از منابع طبیعی قطر، از جمله مواد معدنی و مصالح ساختمانی، بر صدور مجوز و نظارت دولتی استوار است. قانون شماره ۳ سال ۲۰۰۷ بهره‌برداری از منابع طبیعی را تنظیم می‌کند و استخراج یا جابه‌جایی شن و سایر مواد مورد استفاده در ساخت‌وساز را نیز به دریافت مجوز مرتبط می‌سازد. بنابراین، در بررسی قطر باید میان فعالیت‌های مجاز استخراج مصالح و معدنکاری سنتی پراکنده و غیررسمی تمایز قائل شد؛ داده‌های موجود به‌تنهایی وجود یک بخش گسترده معدنکاری سنتی مشابه برخی کشورهای در حال توسعه را اثبات نمی‌کنند. در این کشور، محور اصلی سیاست‌گذاری معدنی را می‌توان در مدیریت منابع، کنترل فعالیت‌های استخراجی و تأمین مواد موردنیاز توسعه زیرساخت‌ها جست‌وجو کرد. از این منظر، تجربه قطر بیشتر برای بررسی نقش مجوزدهی، نظارت و مدیریت منابع طبیعی قابل استفاده است تا ارائه الگویی مستقیم برای رسمی‌سازی معدنکاران سنتی.

■ **امارات متحده عربی؛ پیوند معدنکاری با صنایع پایین‌دستی**
صنعت معدنی امارات متحده عربی تنها به استخراج مواد خام محدود نیست و بخشی از آن با صنایع فرآوری و تولید محصولات صنعتی پیوند خورده است. بر اساس گزارش سازمان زمین‌شناسی امریکا، امارات در سال ۲۰۲۶ از تولیدکنندگان مهم جهانی آلومینیوم و گوگرد بود. تولید سیمان، سنگ، شن و ماسه، کرومیت، آلومینا، آهن احیای مستقیم و فولاد خام نیز در این کشور انجام می‌شد. با این حال، برای ارزیابی ساختار معدنکاری امارات باید تفاوت میان استخراج مواد معدنی و تولید فلزات از مواد اولیه وارداتی را در نظر گرفت. برای مثال، جایگاه این کشور در صنعت آلومینیوم را نمی‌توان به‌تنهایی نشانه برخورداری از معادن بزرگ بوکسیت دانست؛ بخش مهمی از مزیت امارات در این صنعت به ظرفیت‌های ذوب، انرژی، سرمایه‌گذاری و صادرات محصولات فرآوری‌شده مربوط است. مدیریت منابع معدنی در امارات نیز ساختاری متفاوت دارد. مطابق گزارش سازمان زمین‌شناسی امریکا، قانون اساسی این کشور اختیار مالکیت و مدیریت منابع معدنی را به امارت‌ها واگذار کرده است و بخش عمده تولید مواد معدنی به‌وسیله شرکت‌های داخلی و خارجی انجام می‌شود. این ساختار، نقش دولت‌های محلی و شرکت‌های سازمان‌یافته را در توسعه فعالیت‌های معدنی برجسته می‌کند. از این رو، امارات نمونه‌ای مناسب برای بررسی ارتباط میان مواد معدنی، سرمایه‌گذاری صنعتی و توسعه زنجیره ارزش است؛ اما نباید بدون آمار معتبر، این کشور معرفی کرد.

■ **بحرین؛ اهمیت صنایع معدنی پایین‌دستی و استخراج محدود مصالح**

بخش معدنی بحرین در مقایسه با عربستان سعودی، ابعاد محدودتری در زمینه استخراج مواد معدنی دارد و اهمیت آن بیشتر در پیوند با صنایع فرآوری و تولید محصولات صنعتی قابل بررسی است. بر اساس داده‌های سازمان زمین‌شناسی امریکا،

بحرین در سال ۲۰۲۶ ششمین تولیدکننده بزرگ آلومینیوم جهان بود و حدود ۲.۲ درصد از تولید جهانی آلومینیوم اولیه را به خود اختصاص داد. با این حال، تولید آلومینیوم در بحرین نباید با استخراج بوکسیت در داخل این کشور یکسان تلقی شود. بحرین سنگ‌آهن موردنیاز برای تولید گندله را وارد می‌کند و بخشی از فعالیت‌های معدنی و صنعتی آن شامل تولید سیمان، فولاد خام و گوگرد نیز می‌شود. بنابراین، مزیت اصلی این کشور در این حوزه بیش از آنکه بر پایه استخراج گسترده کانسنگ‌های فلزی باشد، به زیرساخت‌های صنعتی و ظرفیت فرآوری مربوط است در حوزه استخراج مصالح نیز فعالیت‌هایی مانند برداشت شن دریایی و استخراج سنگ، شن و رس در چارچوب مجوزهای مشخص تعریف شده‌اند. الزامات ثبت فعالیت و دریافت تأییدیه‌های مرتبط با محیط‌زیست و محل اجرای پروژه نشان می‌دهد که این حوزه تحت ضوابط اداری و نظارتی قرار دارد. از منظر معدنکاری سنتی، بحرین را نمی‌توان بدون شواهد آاماری به‌عنوان کشوری دارای بخش گسترده معدنکاران غیررسمی معرفی کرد. در عوض، این کشور برای مقایسه منطقه‌ای نمونه‌ای از اقتصادی است که در آن صنایع معدنی پایین‌دستی و استخراج محدود مصالح، جایگاهی متمایز از معدنکاری سنتی معیشت‌محور دارند.

■ **کویت؛ سهم محدود مواد معدنی صنعتی در اقتصاد**
کویت از نظر تولید مواد معدنی، در مقایسه با کشورهای بزرگ معدنی جهان بازرگ عمده‌ای محسوب نمی‌شود. طبق گزارش سازمان زمین‌شناسی امریکا، در سال ۲۰۲۶ تولید مواد معدنی صنعتی سهم محدودی در اقتصاد این کشور داشت و محصولاتی مانند سیمان، نمک، فولاد خام و گوگرد در آن تولید می‌شدند. این ساختار نشان می‌دهد که بخش معدنی کویت را باید در چارچوب محدودیت‌های منابع، نیازهای داخلی و فعالیت‌های صنعتی مرتبط بررسی کرد. وجود تولید مواد معدنی صنعتی به‌خودخود به معنای وجود معادن فلزی بزرگ یا بخش گسترده‌ای از معدنکاران سنتی نیست. همچنین، بدون آمار قابل اتکا درباره شمار معدنکاران کوچک، حجم تولید غیررسمی و سهم این فعالیت‌ها در اشتغال، نمی‌توان وضعیت معدنکاری سنتی کویت را با کشورهایمانند غنا یا برخی کشورهای منطقه‌اند مقایسه مستقیم کرد. برای کویت، بررسی سیاست‌های مربوط به استخراج مصالح، مدیریت آثار زیست‌محیطی و تأمین مواد موردنیاز صنایع و ساخت‌وساز، مسیر دقیق‌تری برای تحلیل بخش معدنی فراهم می‌کند. در چارچوب گزارش حاضر نیز تجربه این کشور بیشتر می‌تواند برای نشان دادن تفاوت ساختارهای معدنی در کشورهای منطقه به کار رود، نه به‌عنوان نمونه‌ای از معدنکاری سنتی گسترده.

■ **عربستان سعودی؛ توسعه معدنکاری از مسیر سرمایه‌گذاری و اصلاح مقررات**

عربستان سعودی در میان کشورهای شورای همکاری خلیج فارس،

جایگاه متفاوتی در توسعه بخش معدن دارد. این کشور در چارچوب برنامه تنوع‌بخشی اقتصادی و چشم‌انداز ۲۰۳۰، معدن و صنایع معدنی را یکی از محورهای توسعه اقتصاد غیرنفتی تعریف کرده است. وزارت صنعت و منابع معدنی عربستان و نهادهای وابسته به آن، توسعه اکتشاف، مدیریت داده‌های زمین‌شناسی و افزایش جذابیت سرمایه‌گذاری در منابع معدنی را دنبال می‌کنند. اصلاح مقررات سرمایه‌گذاری معدنی و راهاندازی برنامه‌های تشویقی برای اکتشاف، از جمله اقداماتی است که برای کاهش ریسک پروژه‌های اولیه و جذب سرمایه به این بخش انجام شده است. در چنین ساختاری، معدنکاری بیش از آنکه بر فعالیت‌های معیشت‌محور و پراکنده استوار باشد، در مسیر توسعه پروژه‌های سازمان‌یافته، اعطای مجوزهای معدنی و مشارکت شرکت‌های سرمایه‌گذار قرار دارد. با این حال، افزایش فعالیت‌های اکتشافی یا صدور مجوز برای معادن و معادن روباز مصالح ساختمانی، به‌تنهایی اثبات‌کننده گسترش معدنکاری سنتی و غیررسمی نیست. برای ارزیابی این بخش در عربستان باید داده‌های مشخصی درباره معدنکاران کوچک، وضعیت ثبت و مجوز فعالیت، میزان اشتغال و سهم تولید آنها در دسترس باشد. بدون چنین داده‌هایی، تعمیم الگوی معدنکاری سنتی در کشورهای افریقایی به عربستان دقیق نخواهد بود. اهمیت تجربه عربستان برای این گزارش، بیشتر در نشان دادن نقش اصلاح مقررات، تأمین مالی اکتشاف، ایجاد پایگاه‌های اطلاعات زمین‌شناسی و تسهیل سرمایه‌گذاری است. این عوامل می‌توانند به توسعه صنعت معدنی رسمی کمک کنند، اما رسمی‌سازی معدنکاری سنتی مستلزم شناخت جداگانه وضعیت معدنکاران کوچک و موانعی است که آنها برای ورود به چارچوب قانونی با آن روبه‌رو هستند.

■ **جمع‌بندی منطقه‌ای؛ یک الگو برای همه کشورهای خلیج فارس وجود ندارد**

مقایسه قطر، امارات متحده عربی، بحرین، کویت و عربستان سعودی نشان می‌دهد که بخش معدنی کشورهای خلیج فارس از ساختار یکسانی پیروی نمی‌کند. عربستان با تمرکز بر توسعه اکتشاف و جذب سرمایه‌گذاری معدنی، در مسیر گسترش بخش رسمی معدن قرار دارد. امارات و بحرین در کنار فعالیت‌های استخراجی، از ظرفیت‌های مهمی در فرآوری و صنایع معدنی پایین‌دستی برخوردارند. قطر و کویت نیز بیشتر در چارچوب تولید مواد معدنی صنعتی و تأمین نیازهای ساخت‌وساز و صنایع قابل بررسی هستند. این تفاوت‌ها برای تحلیل معدنکاری سنتی و کوچک‌مقیاس اهمیت دارد. راهکارهایی مانند ساده‌سازی مجوزها، آموزش آیینی، دسترسی به فناوری و تأمین مالی خرد زمانی معنا پیدا می‌کنند که وجود گروه مشخصی از معدنکاران کوچک و غیررسمی و ابعاد فعالیت آنها مستند شده باشد. در غیر این صورت، به‌تر است تجربه کشورهای خلیج فارس در قالب مقایسه سیاست‌گذاری، مدیریت منابع و توسعه صنعت معدنی بررسی شود، نه به‌عنوان شاهدهی قطعی بر رواج معدنکاری سنتی در همه این کشورها.

سخن پایانی

کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی را فراهم کند. تجربه کشورهای مختلف، از جمله کشورهای حاشیه خلیج فارس، نیز نشان می‌دهد که سیاست‌گذاری معدنی باید متناسب با ساختار و واقعیت‌های هر کشور طراحی شود. در نهایت، معیار موفقیت نه حذف معدنکاران کوچک، بلکه فراهم کردن شرایطی است که فعالیت آنها ایمن‌تر، شفاف‌تر و اقتصادی‌تر شود؛ مسیری که می‌تواند هم به حفظ معیشت جوامع محلی کمک کند و هم سهم این بخش را در توسعه پایدار افزایش دهد.