

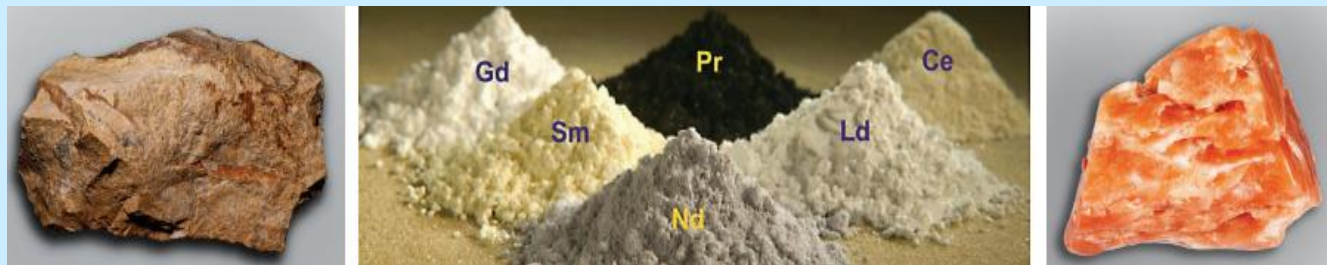
مقدمه

عناصر نادر خاکی (REEs) بر اساس نامگذاری اتحادیه بین‌المللی شیمی محض و کاربردی (IUPAC)، شامل اسکاندیوم (Sc)، ایتیریم (Y) و سری لانتانیدها هستند، یعنی عناصری از جدول تناوبی که از لانتان (La) با عدد اتمی ۵۷ تا لوتسیم (Lu) با عدد اتمی ۷۱ را در بر می‌گیرند.

عناصر نادر خاکی برای تولید بسیاری از مواد از جمله آهنرباهای دائمی، کاتالیزورهای صنعتی و خودرویی، پودرهای پولیش شیشه، افزودنی‌های شیشه، فلزات و آلیاژها، آلیاژهای باتری، سرامیک‌ها، رنگدانه‌ها و فسفرها ضروری هستند. این مواد در فناوری‌های مختلفی مانند انرژی‌های تجدیدپذیر، روشنایی کم‌مصرف، کنترل انتشار آلاینده‌ها، الکترونیک، پزشکی، صنایع نظامی، لیزرها، ابررساناها و بسیاری از کاربردهای پیشرفته دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

به استثنای پرومیتیم (Pm)، عناصر نادر خاکی (REEs) به‌طور طبیعی در زمین یافت می‌شوند. با وجود نامشان، این عناصر می‌توانند به نسبت در پوسته زمین فراوان باشند. به عنوان مثال، سریم (Ce)، ایتیریم (Y) و لانتان (La) به ترتیب با غلظت‌های متوسط ۶۶، ۳۹ و ۳۳ قسمت در میلیون (ppm) حضور دارند، که قابل مقایسه یا حتی بیشتر از مس (۶۰ ppm) و سرب (۱۴ ppm) است. سایر عناصر نادر خاکی معمولاً در محدوده ۰.۵ تا ۱۰ ppm یافت می‌شوند، که به‌طور قابل توجهی بالاتر از غلظت متوسط طلا (۰.۰۰۴ ppm) یا نقره (۰.۰۷۵ ppm) است.

با وجود غلظت نسبتاً بالای عناصر نادر خاکی (REEs) در پوسته زمین، این عناصر به‌ندرت در ذخایر معدنی قابل استخراج به صورت متمرکز یافت می‌شوند. در واقع، کانسنگ‌های REE از نظر کانی‌شناسی و شیمیایی پیچیده هستند. بنابراین، استخراج عناصر نادر خاکی چالش‌برانگیز است، زیرا این عناصر در بیش از یک نوع کانی وجود دارند و هر کانی به فناوری استخراج و فرآوری معدنی متفاوت و پرهزینه‌ای نیاز دارد.



شکل ۱. کانی‌های باستنزیت (چپ) و مونازیت (راست) بزرگ‌ترین منابع عناصر نادر خاکی هستند.

علاوه بر این، کانسنگ‌های عناصر نادر خاکی (REE) اغلب حاوی توریم (Th) هستند، عنصری رادیواکتیو که منجر به تولید پسماندهای رادیواکتیو شده و هزینه‌های اضافی برای مدیریت آن ایجاد می‌کند. بنابراین، ذخایر عناصر نادر

خاکی که در آن‌ها REEs به طور عمده در یک فاز کانیایی واحد متمرکز شده‌اند، از مزیت رقابتی برخوردارند. تاکنون، تولید REE عمدتاً از ذخایر تک‌فازی معدنی مانند بایان اوپو (استنزیت)، مانتین پس (باستنزیت) و پلاسره‌های کانی‌های سنگین (مونازیت) انجام شده است. در سال ۲۰۲۰، چین حدود ۶۰٪ از عرضه جهانی REE را تولید کرد، در حالی که استرالیا، میانمار و هند مابقی تولید را به خود اختصاص دادند. برای شرکت‌هایی که در زمینه اکتشاف و استخراج عناصر نادر خاکی (REEs) در سراسر جهان فعالیت می‌کنند، دقت تحلیل ژئوشیمیایی برای ارزیابی قابلیت بهره‌برداری از ذخایر معدنی و هدف‌گیری مناطق غنی از REE برای استخراج بسیار حیاتی است.

آنالایزر دستی XRF مدل Niton™ XL5 Plus Thermo Scientific™ تحلیل ژئوشیمیایی با کیفیت آزمایشگاهی را برای عناصر اولیه و عناصر نادر خاکی مستقیماً به محیط میدانی می‌آورد.

آنالایزر دستی XRF مدل Niton XL5 Plus

Niton XL5 Plus کوچک‌ترین، سبک‌ترین و قدرتمندترین آنالایزر دستی XRF است که استفاده از این فناوری را آسان کرده و امکان حمل و استقرار آن را در دورافتاده‌ترین مناطق فراهم می‌کند. آنالایزر دستی XRF مدل Niton XL5 Plus مجهز به هندسه اندازه‌گیری فشرده، یک تیوپ پرتو ایکس قدرتمند ۵ وات با قابلیت عملکرد تا ۵۰ کیلوولت در ۱۰۰ میکروآمپر و تا ۶ کیلوولت در ۵۰۰ میکروآمپر است. همچنین، از تکنولوژی جدید آشکارساز رانش سیلیکونی (SDD) با سطح بزرگ و پنجره گرافنی بهره می‌برد. این ویژگی‌های یکپارچه، عملکرد بهینه و حساسیت بی‌سابقه‌ای نسبت به عناصر سنگین و سبک را فراهم می‌کنند، که برای کاربردهای پیشرفته و چالش‌برانگیز مانند اندازه‌گیری عناصر نادر خاکی (REEs) ایده‌آل است.



شکل ۲. دستگاه آنالایزر Niton XL5 Plus به صورت مستقل (بالا). دستگاه در پایه تست کوچک برای تجزیه و تحلیل نمونه‌های فنجان‌ی و کیسه‌ای (پایین سمت چپ) و در حالت معکوس برای آنالیز مستقیم خاک (پایین سمت راست).

عناصر نادر خاکی در آنالایزر Niton XL5 Plus دامنه‌ای از منیزیم تا اورانیوم را پوشش می‌دهد و شامل REE‌های سبک مانند لانتان (La)، سریم (Ce)، پراسئودیمیم (Pr)، و نئودیمیم (Nd) است. اسکاندیوم (Sc) و ایتیریم (Y) دارای خواص شیمیایی مشابهی هستند و معمولاً در همان ذخایر معدنی REE‌های سنگین یافت می‌شوند، که این امر امکان استنتاج غلظت REE‌های سنگین را از مقادیر اندازه‌گیری شده ایتیریم و اسکاندیوم فراهم می‌کند.

غلظت عناصر اندازه‌گیری شده را می‌توان به سرعت با استفاده از GPS داخلی یا با اتصال آنالایزر Niton XL5 Plus به یک GPS حرفه‌ای خارجی روی نقشه نمایش داد. این دستگاه دارای گواهی IP54 است، به این معنا که مقاوم در برابر پاشش آب، گرد و غبار بوده و برای شرایط سخت میداین اکتشافی و معادن کاملاً مناسب است.

روش کار

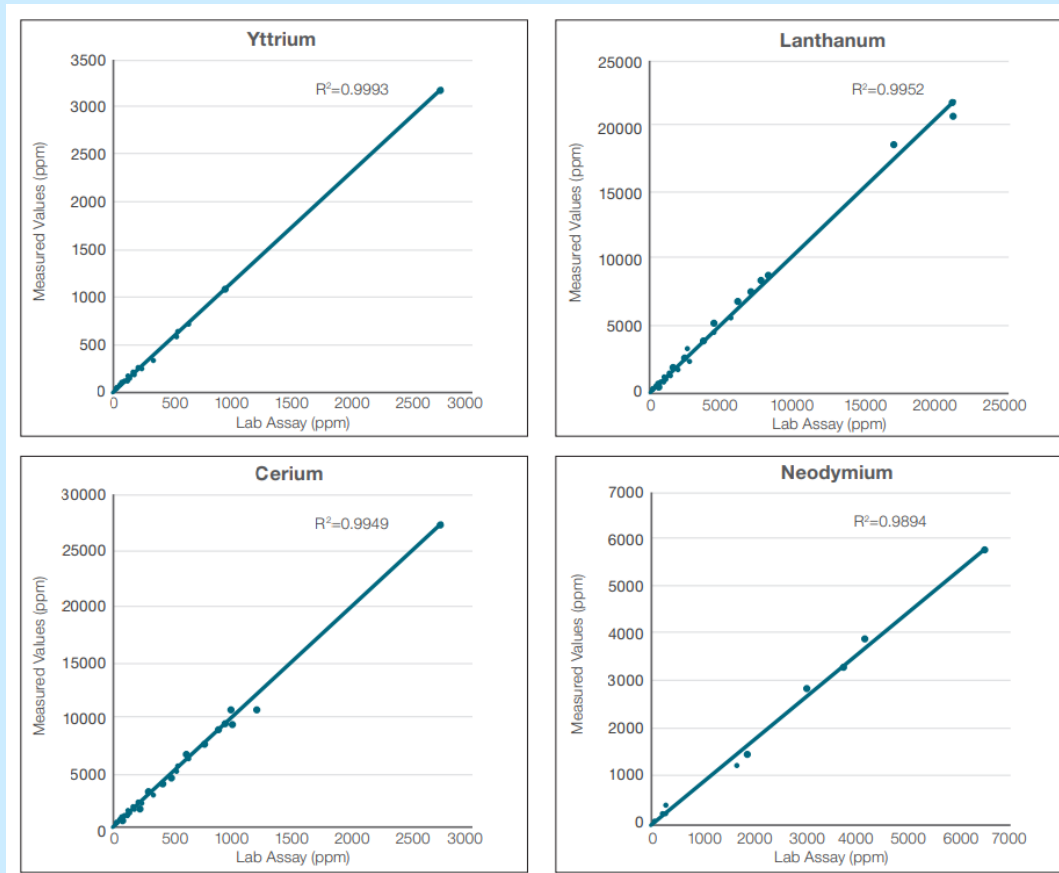
نمونه‌های جمع‌آوری شده از شرکت‌های معدنی مختلف در کانادا، پیش‌تر پودر شده و به اندازه ذرات کمتر از ۲۵۰ میکرومتر رسیده بودند. سپس این نمونه‌ها در فنجان‌های نمونه‌گیری که با فیلم پلی‌پروپیلن ۴ میکرومتری پوشانده شده بودند، قرار گرفتند.

این فنجان‌های نمونه بر روی پایه تست قرار داده شدند و تحلیل آن‌ها با استفاده از حالت عناصر نادر خاکی (REE Mode) در آنالایزر Niton XL5 Plus انجام شد. فرآیند تحلیل به مدت ۱۸۰ ثانیه و با استفاده از چهار فیلتر اولیه و ولتاژهای مختلف برای اندازه‌گیری عناصر نادر خاکی (REEs) و عناصر همراه از منیزیم تا اورانیوم صورت گرفت.

نتایج

نتایج تحلیل‌های به‌دست‌آمده برای مجموعه نمونه‌ها در شکل ۳ مقایسه شده‌اند. این نتایج از دو روش مختلف به‌دست آمدند:

- (۱) آزمون بین‌آزمایشگاهی (Round Robin) با استفاده از چندین روش مختلف
 - (۲) تحلیل تک‌آزمایشگاهی با استفاده از ICP-OES و ICP-MS پس از آماده‌سازی دانه‌های ذوب‌شده از نمونه‌های معدنی و حل کردن آن‌ها در اسیدهای رقیق‌شده.
- نتایج نشان داد که بین داده‌های آزمایشگاهی و مقادیر اندازه‌گیری شده توسط دستگاه، همبستگی قوی‌ای در مورد ایتیریم (Y)، لانتان (La) و سریم (Ce) مشاهده شد (مطابق شکل ۳). علاوه بر این، دقت دستگاه به صورت پیش‌فرض ("out-of-the-box") قابل قبول است و با اعمال استانداردهای بر اساس نوع نمونه‌ها می‌تواند بهبود یابد.



شکل ۳. مقادیر آزمایشگاهی نمونه‌ای در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری شده با استفاده از آنالایزر Niton XL5 Plus در حالت "out of the box" برای تعیین عناصر نادر خاکی (REEs).

نتیجه‌گیری

عملکرد قدرتمند و فناوری بی‌نظیر آنالایزر Niton XL5 Plus امکان دریافت فوری داده‌های ژئوشیمیایی با کیفیت بالا و بازگشت سریع سرمایه را فراهم می‌کند. حالت جدید عناصر نادر خاکی (REE Mode) در Niton XL5 Plus به زمین‌شناسان و معدن‌کاران این توانایی را می‌دهد که عناصر موجود در کانی‌های پیچیده را با حساسیتی بی‌سابقه شناسایی کنند. این دستگاه با محلی‌سازی ناهنجاری‌ها و شناسایی اهداف حفاری، یک ابزار ضروری برای تصمیم‌گیری آگاهانه و تسریع فرآیند اکتشاف عناصر نادر خاکی (REEs) محسوب می‌شود و به‌طور قابل توجهی هزینه‌های تحلیل آزمایشگاهی را کاهش می‌دهد. آنالایزر Niton XL5 Plus یک ابزار حیاتی در فرآیند استخراج عناصر نادر خاکی است که به یافتن مناطق با غلظت بالا، ارزیابی قابلیت بهره‌برداری از ذخایر کم‌عیار و راهنمایی در فرآیند معدن‌کاری کمک می‌کند.