

本文应用

- ◆ 通过元素面分析获得的物理化学信息，可以分析造岩矿物的变质过程。
- ◆ 可获得珠宝中使用的矿物信息，用于宝石鉴定。

引言

岩石中的矿物记录了岩石形成时的物理和化学信息。此外，人们已经了解到，岩石形成后发生蚀变的变质过程以元素分布和结构的形式保存下来。

矿物也被用来做装饰使用，如用于珠宝和园林石的生产中。矿物的成分分析可以确定宝石中的元素分布并分析其微量元素，所获得的信息可用于宝石鉴定、产地确定等。

电子探针微量分析仪 (EPMA) 可用于研究岩石矿物中元素的二维分布。在本文中，我们使用了一个 EPMA™，即电子探针显微分析仪 (EPMA-1720HT)，对认定含有绿帘石的商用石材 (以下简称含绿帘石的石材) 进行元素面分析。我们还进行了相分析，用以确定岩石中的矿物，并观察其分布。

含绿帘石的石材的元素面分析

绿帘石的化学成分是 $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe}^{3+})_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$ 。此外，由于 Al 被 Fe^{3+} 取代，天然绿帘石的成分介于斜黧帘石 ($\text{Ca}_2\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$) 和绿帘石 ($\text{Ca}_2\text{Al}_2\text{Fe}^{3+}\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$) 之间。天然绿帘石广泛存在于易于在相对低温下变质的变质岩中，如绿片岩、绿帘石角闪岩和海绿石片岩。绿片岩以其作为石材和园林石的用途而闻名。

在这项研究中，将一个含石绿帘的石材包埋在树脂中进行预处理，然后对其进行抛光和表面蒸镀膜。

图 1 显示了使用 EPMA 进行低倍大范围面分析的结果。浓度测定以每种元素的氧化物的重量百分比来表示。结果表明，有些矿物中的某些元素存在团聚和不均匀性，并且其结构的化学成分也在边缘变化。

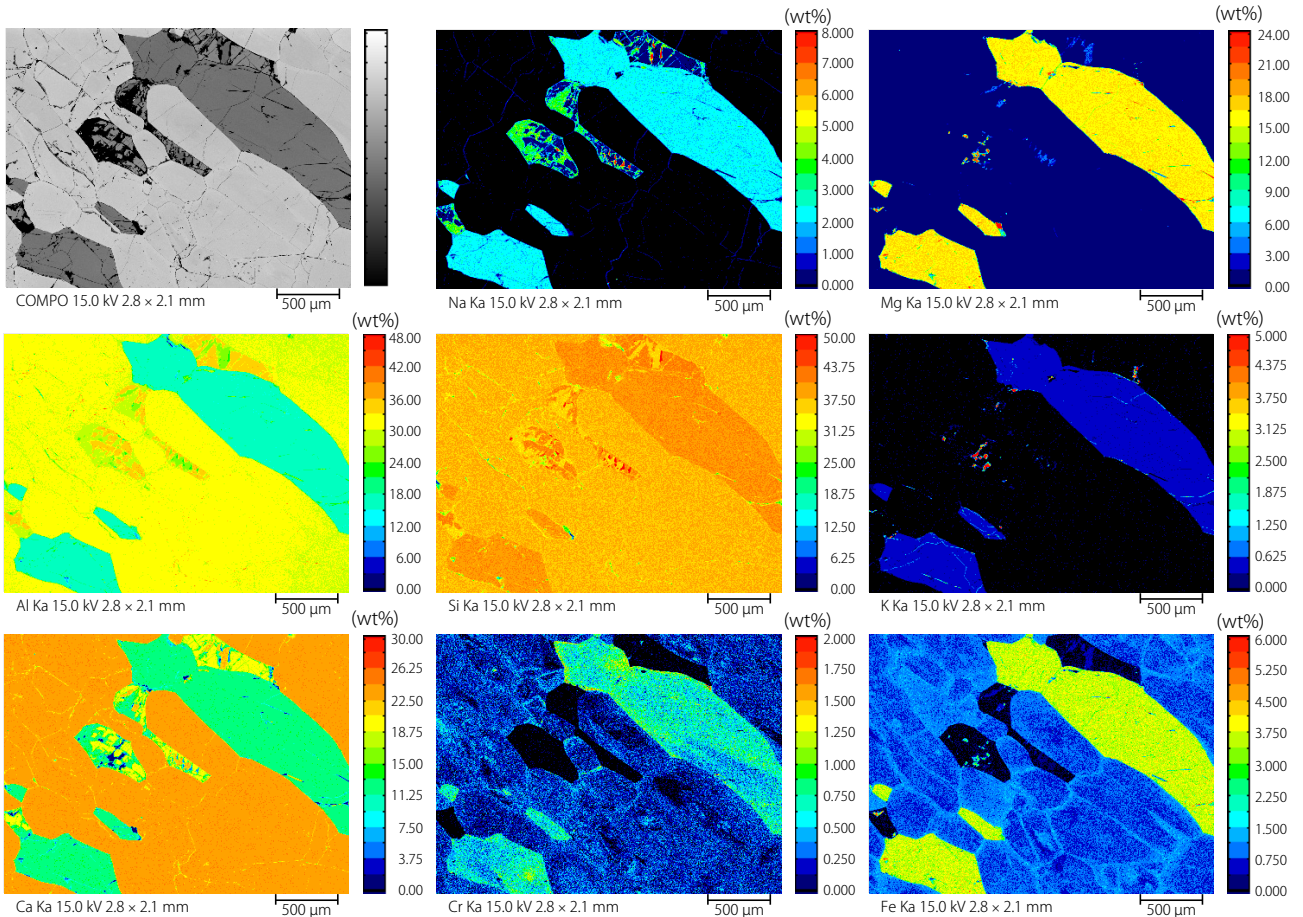


图 1 含绿帘石的石材的低倍元素面分析

■ 物相分析

根据石材元素面分析的结果进行了物相分析。图2显示了通过选择两个或三个元素（其氧化物的重量百分比 wt%）创建的散点图。

在每个散点图中都观察到了团簇。从双变量 FeO-Al₂O₃ 散点图可以将这些团簇划分为绿帘石，从三变量 CaO-MgO-FeO 散点图可以划分为角闪石，从三变量 K₂O-Na₂O-CaO 散点图可以划分为斜长石和钾长石。在斜长石簇中，还有另一簇富钙组分。图3显示了从这些结果得到的物相图。这些元素面分析和物相分析结果表明，绿帘石在各晶核处的铁含量较低，在晶体的边界或边缘处的铁含量较高。此外，斜长石内部混合了更多富钙组分。结果表明，通过物相分析可以很容易地观察到岩石中矿物的分布。

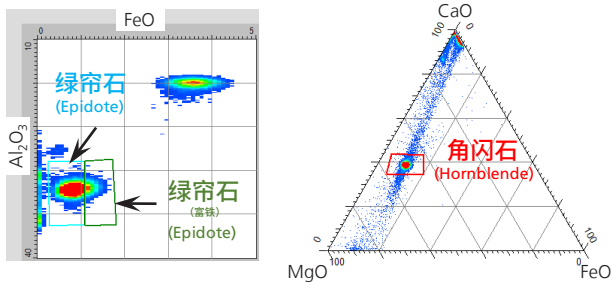


图2-1 FeO-Al₂O₃的双变量散点图

图2-2 CaO-MgO-FeO的三变量散点图

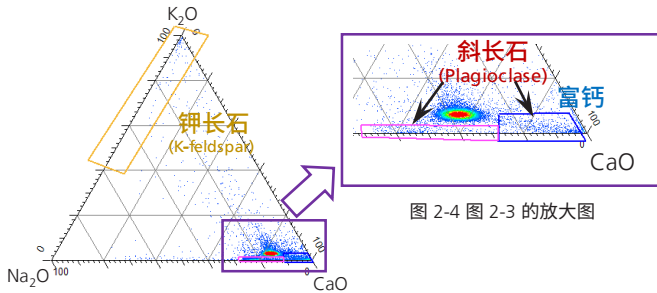


图 2-4 图 2-3 的放大图

图 2-3 K₂O-Na₂O-CaO 的三变量散点图

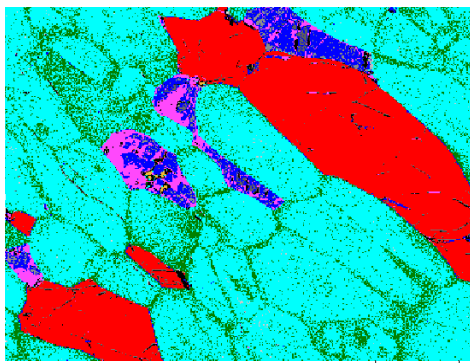


图 3 物相图

■ 绿帘石和角闪石中铁和微量铬的面分析

含绿帘石的石材中存在绿帘石和角闪石，我们对其中的铁、铬进行了面分布分析。同样，浓度测定以每种元素的氧化物的重量百分比来表示。图4显示了分析结果。绿帘石中铁的含量在晶体的边缘和边界处较高，而铬的含量在铁含量较少的区域和晶体边界处较高。此外，铁在角闪石中的分布几乎是均匀的，而铬在相对较大的晶体中的分布是不均匀的，其在中心区域的含量更高。然而，在一些零碎的角闪石中，铬在其边缘和边界处具有更高的浓度。

我们知道，绿帘石产于变质岩中，Fe³⁺含量随变质温度的升高而增加，这说明在变质过程中，反应是在晶体的边界和边缘处进行。也可以认为角闪石在变质过程中吸收了一些富铬物质，或者认为对于边界处富铬的角闪石，其接触了富铬组分。

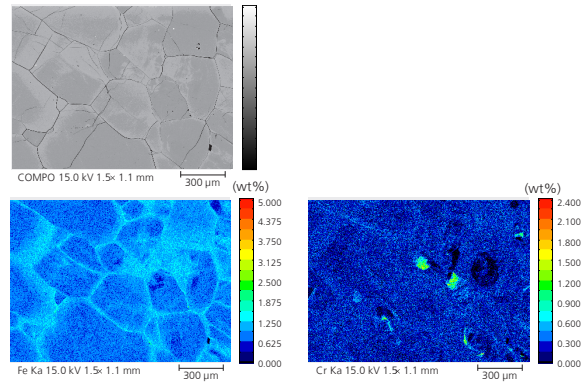


图 4-1 绿帘石的详细元素面分析

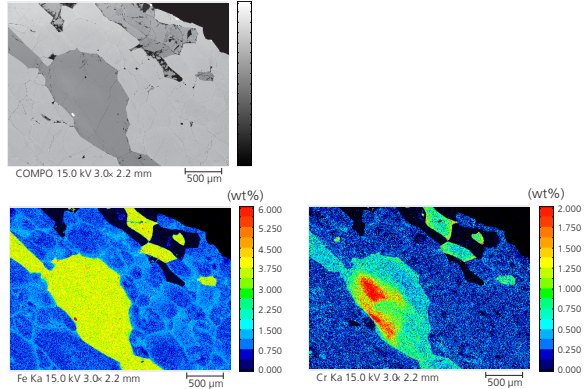


图 4-2 绿帘石的详细元素面分析

■ 结论

岩石的元素面分析可以揭示晶体生长和所含矿物变质的物理化学过程。此外，元素面分析与物相分析相结合是鉴定矿物的有效方法。有了这些方法，就可能评估宝石和宝石首饰，甚至确定地理来源。

< 参考文献 >

- Y. Kuroda and K. Suwa: Polarizing Microscope and Rock Minerals(Second Edition), Kyoritsu Shuppan (1983)
- A. Miyashiro and I. Kushiro: Petrology I: Polarizing Microscope and Rockforming Minerals, Kyoritsu Shuppan (1972).

岛津应用云



EPMA 是岛津制作所或其附属公司在日本和 / 或其他国家的商标。



岛津企业管理（中国）有限公司
岛津（香港）有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话： 800-810-0439
400-650-0439

免责声明：

※ 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售；
※ 本资料中的所有信息仅供参考，不予任何保证。
如有变动，恕不另行通知。

第一版发行日：2021年6月