

萤石矿地球化学特征研究及其在找矿中的指示意义

李玉莲

青海省柴达木综合地质矿产勘查院-青海省柴达木盆地盐湖资源勘探研究重点实验室 青海 格尔木 816099

摘要: 萤石矿地球化学特征研究是矿产资源勘探领域的重要课题。本文综述了萤石矿中主元素、稀土元素及微量元素的含量、比例和分布特征,探讨了这些特征对成矿物质来源、成矿环境的指示作用。研究结果显示,地球化学特征不仅为理解萤石矿成因机制提供关键信息,还为建立有效的找矿标志、指导勘探实践奠定坚实基础。本文的研究成果对于提高萤石矿找矿效率、促进矿产资源可持续利用具有重要意义。

关键词: 萤石矿; 地球化学特征; 找矿; 指示意义

1 萤石矿的工业价值与市场需求

萤石矿,这一富含氟化钙(CaF_2)的珍贵矿物,以其独特的物理和化学性质,在现代工业体系中占据了举足轻重的地位。氟化钙的构成赋予了萤石一系列非凡的特性,使其被誉为“第二稀土”,在多个高科技领域扮演着不可或缺的角色。在氟化学工业中,萤石是制备氟元素及其各类化合物的基石。这些氟化物凭借其在制冷、农药制造、防腐处理以及灭火技术等方面的广泛应用,已成为现代工业不可或缺的重要组成部分。无论是家用空调中的制冷剂,还是农田里用于防治病虫害的农药,亦或是保障消防安全的高效灭火剂,都离不开萤石提供的氟化物原料。萤石在冶金领域同样发挥着举足轻重的作用。作为高效的助熔剂,萤石能够显著降低炉渣的熔点,优化冶炼过程,从而大幅提升钢铁和有色金属的纯度与品质。这一特性使得萤石在金属冶炼行业中具有不可替代的价值^[1]。随着科技的不断进步与创新,萤石的应用领域还在持续拓展,在新能源、新材料等战略新兴产业中,萤石更是成为了关键性的原材料之一。特别是在制造光学仪器、集成电路以及晶体管等高端设备时,萤石因其卓越的光学性能和化学稳定性而备受青睐。同时,一些高性能材料,如特殊合金、涂层等,也需要使用含氟化合物进行制备,而萤石正是这些化合物的重要来源。从市场需求的角度来看,全球对萤石的需求量持续攀升。特别是在我国、印度等发展中国家,随着工业化进程的加速推进,萤石的需求量更是呈现出快速增长的态势。据相关数据显示,近年来全球萤石的产量和需求量均呈现出波动上升的趋势,而我国对萤石的需求更是日益旺盛,展现了其作为萤石最大生产国和消费国的强劲实力。

2 萤石矿的基本地质特征

2.1 萤石矿的成因类型

萤石矿的成因类型多样,这些类型反映了萤石在不同地质环境下的形成过程。以下是几种主要的成因类型:(1)沉积型萤石矿床。这种类型的萤石矿床通常产于特定的地质时期,如震旦纪或二叠纪的陆缘海中。它们是由火山物质与碳酸盐物质同时沉积形成的,有时会受到后期热液重熔改造作用的影响。沉积型萤石矿床的矿层往往较长且延深几百米,矿石主要为含萤石的碳酸盐岩,氟化钙的含量较高,有时还会有铅锌硫化物、钨锡钨等多金属矿伴生;(2)热液充填型萤石矿床。这类萤石矿床主要产于弧后岩浆带或其继承性地区。它们是由低温热液溶滤吸取途经的围岩中的氟离子和钙离子,在构造裂隙中充填成矿的。热液充填型萤石矿床的矿石通常具有较好的结晶形态,且萤石含量较高;(3)伟晶岩型萤石矿床。萤石在伟晶岩或其所含的晶洞、矿巢或矿囊内形成,与石英、长石等矿物共生。这种类型的萤石矿床往往具有光学萤石,且萤石的纯度和结晶度都较高;(4)矽卡岩型萤石矿床。矿体产于花岗岩与石灰岩的外接触带上,萤石呈浸染状分布于矽卡岩中。伴生矿物有锡石、白钨矿、黄铜矿和闪锌矿等;(5)第四纪火山湖沉积型萤石矿床。萤石呈浸染状散布在未固结的碱性火山灰与粘土质沉积物中,共生有重晶石、磷灰石、方解石、白云石和蛋白石等矿物;(6)风化残积型萤石矿床。萤石在风化壳的粘土和砂层中富集成矿,常产在其他类型萤石矿床的附近。

2.2 萤石矿的产状与分布

萤石矿的产状与分布受到多种地质因素的制约,包括地质构造、岩浆活动、沉积环境等。在全球范围内,萤石矿的分布相对广泛,但不同地区的地质特征和萤石矿的成因类型差异较大,导致萤石矿的产状和分布也各具特点。在我国,萤石资源极为丰富,主要分布于湖南、江西、浙江、福建等地。这些地区的萤石矿床类型

多样,包括沉积型、热液充填型、伟晶岩型等。其中,浙江省的萤石矿床数量最多,占全国总量的较大比例。内蒙古中东部地区、云南和贵州等地也拥有丰富的萤石资源。萤石矿的产状多样,可以呈层状、似层状、脉状、透镜状等形态产出。这些形态反映了萤石在不同地质条件下的形成过程。

2.3 萤石矿的矿物组合

萤石矿的矿物组合复杂多样,这取决于萤石矿的成因类型和地质环境。萤石-碳酸盐岩组合:在沉积型萤石矿床中,萤石常与碳酸盐岩共生,形成含萤石的碳酸盐岩。这种组合中的萤石通常呈细粒状或糖粒状,氟化钙含量较高。萤石-石英-长石组合:在伟晶岩型萤石矿床中,萤石常与石英、长石等矿物共生。这种组合中的萤石通常具有较好的结晶形态和较高的纯度。萤石-矽卡岩矿物组合:在矽卡岩型萤石矿床中,萤石呈浸染状分布于矽卡岩中,与锡石、白钨矿、黄铜矿和闪锌矿等矿物共生。这种组合反映了萤石在花岗岩与石灰岩外接触带上的成矿过程^[2]。萤石-火山灰-粘土质沉积物组合:在第四纪火山湖沉积型萤石矿床中,萤石呈浸染状散布在未固结的碱性火山灰与粘土质沉积物中,与重晶石、磷灰石、方解石、白云石和蛋白石等矿物共生。这种组合反映了萤石在火山活动过程中的沉积成矿过程。萤石矿中还可能含有其他伴生矿物,如铅锌硫化物、钨锡钨等多金属矿。这些伴生矿物的存在进一步丰富了萤石矿的矿物组合和地质特征。

3 萤石矿地球化学特征研究

3.1 样品采集与处理

在进行萤石矿地球化学特征研究时,样品采集是首要且关键的一步。为了确保研究结果的准确性和代表性,样品的采集需遵循严格的地质勘探规范。通常,样品的采集点应选择在萤石矿体出露良好、地质特征明显的地段,同时考虑矿体的不同部位、不同深度以及可能存在的地质异常区。采集过程中,需使用专业的采样工具,避免样品受到污染。对于不同类型的萤石矿(如沉积型、热液充填型等),采样方法也应有所区别,以适应各自的地质特征。例如,在沉积型萤石矿床中,可采用连续取样或分层取样的方法;而在热液充填型萤石矿床中,则更注重沿构造裂隙或矿脉进行采样。样品采集后,需进行妥善处理和保存。首先,应对样品进行清洗,去除表面的泥土、氧化物等杂质。然后,将样品进行破碎、研磨,以获得符合分析要求的细粒样品。在研磨过程中,应使用清洁、无污染的设备 and 工具,避免样品受到二次污染。最后,将处理好的样品装入干净的容

器中,贴上标签,注明采样地点、时间、编号等信息,以备后续分析使用。

3.2 主元素地球化学特征

主元素地球化学特征是萤石矿地球化学研究的基础。萤石的主要化学成分是氟化钙(CaF_2),但不同成因类型的萤石矿中,主元素的含量和比例可能有所不同。在沉积型萤石矿床中,萤石常与碳酸盐岩共生,因此主元素中除了钙和氟外,还可能含有较高的镁、硅等元素。这些元素的含量和比例可以反映沉积环境、成岩作用以及后期改造作用的影响。热液充填型萤石矿床中,萤石的主元素组成可能受到热液来源、流体成分以及围岩性质等多种因素的影响。例如,当热液富含钙离子和氟离子时,形成的萤石中钙和氟的含量会相对较高;而当围岩中含有其他元素时,这些元素也可能以类质同象的方式进入萤石晶格,从而影响其主元素组成。通过对主元素的分析,可以了解萤石矿的成因类型、成矿物质来源以及成矿过程中的地球化学变化,主元素地球化学特征还可以为萤石矿的找矿勘探提供重要线索。

3.3 稀土元素地球化学特征

稀土元素(REE)地球化学特征是萤石矿地球化学研究的重要方面。稀土元素在萤石中的含量虽然较低,但它们的地球化学行为却可以提供关于萤石矿成因、热液流体性质以及成矿环境等方面的重要信息。在萤石矿中,稀土元素的含量和配分模式通常受到热液流体成分、温度、压力以及围岩性质等多种因素的影响。这些元素也可能通过流体-岩石相互作用进入萤石中。通过对稀土元素的分析,可以了解萤石矿中稀土元素的含量、配分模式以及它们与其他元素的相互关系。这些信息有助于揭示萤石矿的成因机制、热液流体性质以及成矿过程中的地球化学变化。此外,稀土元素地球化学特征还可以为萤石矿的成因分类和资源评价提供重要依据。

3.4 其他微量元素地球化学特征

除了主元素和稀土元素外,萤石矿中还含有多种微量元素。这些微量元素的含量虽然较低,但它们的存在和分布特征却可以提供关于萤石矿成因、热液流体演化以及成矿环境等方面的额外信息。在萤石矿中,微量元素的含量和分布通常受到多种因素的影响,包括热液流体的成分、温度、压力、氧化还原条件以及围岩性质等。这些因素共同决定了微量元素在萤石中的含量和分布特征^[3]。通过对微量元素的分析,可以了解萤石矿中微量元素的种类、含量以及它们与其他元素的相互关系。这些信息有助于揭示萤石矿的成因机制、热液流体演化过程以及成矿环境,微量元素地球化学特征还可以为萤

石矿的找矿勘探和资源评价提供重要参考。值得注意的是,不同成因类型的萤石矿中微量元素的含量和分布特征可能存在显著差异。因此在进行微量元素地球化学特征研究时,应结合具体的地质背景和成因类型进行深入分析。

4 地球化学特征在萤石矿找矿中的指示意义

4.1 成矿物质来源指示

地球化学特征在萤石矿找矿过程中,首先呈现出的是对成矿物质来源的深刻揭示与明确指示作用。萤石,作为一种以氟化钙为主要成分的矿物,其形成与特定的地质构造背景、岩浆活动或沉积环境息息相关。这些地质过程不仅塑造了萤石矿的空间分布格局,还通过元素的迁移、富集和沉淀,在萤石中留下了丰富的地球化学信息。通过对萤石矿样品进行系统的地球化学分析,可以细致地研究主元素(如钙、氟)、稀土元素以及微量元素的含量、比例和分布特征,进而追溯成矿物质的可能来源。例如,萤石中高含量的钙和氟元素往往指示了岩浆热液或沉积环境中富含这些元素的地质流体活动;而稀土元素和特定微量元素的配分模式及含量变化,则能够进一步揭示成矿物质是否源自深部岩浆房、地壳岩石的蚀变或是海相沉积物的再沉积。这些信息不仅有助于我们深入理解萤石矿的成因机制,还能够为确定找矿方向、缩小勘探范围提供科学依据,从而提高找矿效率和成功率。

4.2 成矿环境指示

地球化学特征不仅是成矿物质来源的重要线索,更是成矿环境的关键指示器。萤石矿的形成环境多样,从高温高压的岩浆热液系统到低温低压的沉积盆地,不同环境下形成的萤石矿往往具有独特的地球化学印记。这些印记如同地质历史的“密码”,记录了成矿过程中的物理化学条件、流体成分以及与其他岩石的相互作用等信息。通过分析萤石中的主元素、稀土元素和微量元素的含量、比例以及配分模式,我们可以重建萤石矿形成时的环境条件。例如,高温热液条件下形成的萤石往往富含某些特定的微量元素,这些元素的含量和比例变化能够反映成矿流体的温度、压力、氧化还原状态以及与其他岩石的相互作用程度;而低温条件下形成的萤石则可能含有不同的元素组合,其地球化学特征能够揭示沉

积环境的性质、古气候条件以及沉积物的来源等信息。这些信息不仅有助于我们更准确地理解萤石矿的成矿机制,还能够为预测新的矿化带、确定找矿靶区提供重要依据。

4.3 找矿标志建立

基于地球化学特征的深入研究,可以建立起一系列科学、有效的找矿标志,以指导萤石矿的勘探工作。这些找矿标志不仅包括了特定元素的异常富集区、元素间的特定比例关系以及稀土元素和微量元素的特征配分模式等地球化学信息,还结合了地质背景分析,如岩浆岩的分布、构造线的走向、沉积相带的划分以及区域地质演化历史等^[4]。另外,结合地质背景分析,可以进一步精炼这些地球化学标志,提高其在找矿实践中的应用价值。通过建立一套完整的找矿标志体系,地质勘探人员能够更有效地识别和评价潜在的萤石矿资源,为后续的矿产勘查、开发和利用奠定坚实基础。这些找矿标志还可以为其他类似矿产资源的勘探提供借鉴和参考,推动矿产资源勘探领域的科技进步和创新发展。

结束语

综上所述,萤石矿地球化学特征研究在矿产资源勘探中发挥着不可替代的作用。通过对萤石矿地球化学特征的深入分析,不仅能够揭示成矿物质的来源和成矿环境,还能够为找矿实践提供科学依据和有效指导。未来,随着分析技术的不断进步和地质理论的深入发展,萤石矿地球化学特征研究将在矿产资源勘探领域发挥更加重要的作用,为推动矿产资源的高效开发和可持续利用贡献力量。

参考文献

- [1]王潇.提高地质矿产勘查及找矿技术的路径分析[J].中国金属通报,2024,(09):70-72.
- [2]彭启丙.新形势下浅析当前地质矿产勘查及找矿技术[J].冶金与材料,2024,44(08):112-114.
- [3]江卫兵,周堂波,许丽丽.粤北棉花坑铀矿床萤石地球化学特征及其地质意义[J].世界核地质科学,2022,39(01):60-69.
- [4]彭强,江小均,李超.云南个旧西凹蚀变花岗岩型铜-锡多金属矿床萤石地球化学特征及其地质意义[J].矿床地质,2021,40(06):1182-1198.