

伟晶岩型锂矿成矿过程中地层物质的贡献研究

林亚强

新疆昆仑蓝钻矿业开发有限责任公司

DOI:10.12238/gmsm.v8i1.2115

[摘要] 锂资源在新能源领域不可或缺,伟晶岩型锂矿作为重要来源,其成矿过程中地层物质的贡献备受关注。研究聚焦地层物质对伟晶岩型锂矿成矿的影响,分析地层物质元素特征、迁移机制及其在成矿中的作用,明确地层物质为成矿提供物质基础与流体条件,量化其贡献比例,为锂矿勘查与成因研究提供重要理论支撑。

[关键词] 伟晶岩型锂矿; 地层物质; 成矿过程; 元素迁移; 成矿机制

中图分类号: P536 文献标识码: A

Study on the contribution of stratigraphic materials in the mineralization of pegmatite-type lithium deposits

Yaqiang Lin

Xinjiang Kunlun Blue Diamond Mining Development Co., Ltd.

[Abstract] Lithium resources are indispensable in the field of new energy. As an important source, pegmatite-type lithium ore has attracted much attention for its contribution to the mineralization process. This paper focuses on the influence of stratum materials on the mineralization of pegmatite-type lithium ore, analyzes the characteristics of stratum materials, migration mechanism and their role in mineralization, makes clear that stratum materials provide material basis and fluid conditions for mineralization, and quantifies their contribution ratio, which provides important theoretical support for lithium ore exploration and genetic research.

[Key words] pegmatite type lithium ore; Stratigraphic material; Metallogenic process; Element migration; Metallogenic mechanism

引言

随着全球新能源产业高速发展,锂资源需求呈爆发式增长,使得伟晶岩型锂矿的勘查与开发成为研究热点。地层物质在伟晶岩型锂矿成矿过程中扮演着关键角色,不仅提供成矿元素,还影响成矿流体演化。当前对地层物质贡献的量化研究与机制解析仍存在不足。深入探究地层物质贡献机制,对提升锂矿勘查效率、完善成矿理论具有重要现实意义。

1 成矿地质背景

1.1 区域构造环境

伟晶岩型锂矿的形成与特定区域构造环境紧密相连。造山带作为岩石圈物质调整与再分配的关键场所,在板块碰撞、俯冲的复杂动力学过程中,强烈的构造应力促使地壳岩石发生大规模的构造变形与岩浆活动。在喜马拉雅造山带,印度板块与欧亚板块的持续碰撞,引发了强烈的地壳隆升、褶皱和断裂活动,为岩浆的上侵和伟晶岩型锂矿的形成创造了有利条件。古老地块边缘则因基底岩石经历了长期且复杂的演化历程,形成了稳定

的构造格架,并且在漫长岁月中积累了丰富的物质储备。在构造应力的持续作用下,地壳岩石发生韧性变形与脆性破裂,构建起错综复杂的断裂-褶皱系统。

1.2 地层岩性特征

地层岩性对伟晶岩型锂矿成矿具有显著影响。沉积岩地层在漫长的地质历史时期,历经风化、搬运、沉积等一系列地质作用,对锂、铍等成矿元素进行了初步富集。以富锂黏土岩、页岩等为例,因其内部含有机质与黏土矿物,这些物质具备较强的元素吸附能力,能够像海绵吸水一样捕获分散在周围环境中的成矿元素。在一些古海洋沉积环境中,黏土矿物在特定的水动力条件下逐渐沉积,慢慢形成了富锂地层。变质岩地层在区域变质或接触变质作用下,岩石矿物发生重结晶与成分改组。

1.3 岩浆-地层相互作用

岩浆活动与地层物质间的相互作用是伟晶岩型锂矿成矿的重要环节。岩浆在上升过程中,犹如一个炽热的“搅拌机”,与围岩地层发生强烈的热交换与物质交换。高温岩浆对围岩地层

进行烘烤,使得地层岩石中的水分和气体被驱赶出来,同时地层中的成矿元素也随之释放。与此地层物质的加入会如同往一杯咖啡中加入不同的调料,改变岩浆的成分与物理化学性质,影响岩浆的结晶分异过程。这种变化使得岩浆更利于锂、铍等元素的富集与沉淀。当地层中的某些微量元素融入岩浆后,可能会改变岩浆中矿物的结晶顺序,让锂、铍等元素更容易在特定的矿物相中富集。

2 地层物质元素特征

2.1 元素初始富集

地层物质中锂、铍等成矿元素的初始富集,受到沉积环境与成岩作用的严格把控。在古老的古海洋沉积环境里,富含锂的黏土矿物在特定水动力条件下,就如同沙子在潺潺水流中缓缓沉淀,经过漫长的地质时期,逐渐堆积并发育形成富锂地层。而在陆相湖泊沉积环境中,强烈的蒸发作用宛如一个隐匿在幕后的无形“蒸发器”,不断地将湖水蒸发,促使锂元素在盐湖沉积物中持续浓缩、富集。在随后的成岩过程中,压实、胶结作用好似一双双隐匿在暗处的无形之手,悄然改变着地层岩石的内部结构。在此复杂的过程中,部分元素被精准地固定在矿物晶格内部,如同零件被严丝合缝地安装在精密机器之中;还有部分元素则以离子吸附态的形式,安静地存在于黏土矿物的表面。

2.2 元素活化迁移

在区域变质、岩浆侵入等强大的热动力作用影响下,地层物质中的成矿元素开始了活跃的活化迁移之旅。在变质作用进程中,温度和压力仿佛两个不断被调高数值的“旋钮”,当它们升高至特定程度时,矿物的内部结构会发生显著的相变。原本被牢牢束缚在稳定矿物晶格之中的成矿元素,瞬间被释放出来,随后迅速进入到周围的流体介质之中。岩浆热液的侵入则像是一股突如其来的强大外力,不仅为地层物质输送了额外的能量,还提供了高效的流体介质,极大地加速了元素在其中的溶解与迁移速度。流体的酸碱度、氧化还原条件等化学性质的动态变化,对元素的迁移过程也有着至关重要的影响。

2.3 元素地球化学示踪

借助先进的地球化学分析方法,能够有效地对地层物质中的成矿元素进行精准示踪。运用微量元素比值、稀土元素配分模式等一系列精密的地球化学指标,就如同使用一把把刻度精确的“化学尺子”,仔细对比地层岩石与伟晶岩样品的细微差别。通过这种对比分析,能够极为精准地判断地层物质对伟晶岩型锂矿成矿过程所做出的实际贡献。而稳定同位素(诸如锂同位素、氧同位素等)分析手段,则好似给每一个元素都贴上了独一无二的“标签”。通过对这些“标签”的深入研究,能够清晰地揭示成矿元素的物质来源以及流体在整个成矿过程中的演化路径,明确地层物质在成矿作用中的具体参与程度,为深入探究地层物质贡献机制提供了不可或缺的重要证据。

3 物质迁移机制

3.1 流体驱动迁移

流体在伟晶岩型锂矿的成矿进程里,扮演着极为关键的角

色,是地层物质中元素迁移的核心载体。在整个成矿过程中,地层流体来源广泛,主要包含地层岩石的脱水作用、岩浆热液以及大气降水这三个方面。当地层岩石经历变质作用或者受热过程时,其内部蕴含的水分就如同被加热的湿毛巾一般,会被逐渐挤出,进而释放出流体。这些刚刚脱离岩石束缚的流体,在自身特性与外界环境的共同作用下,裹挟着各类成矿元素,沿着岩石内部错综复杂的裂隙网络,开始了它们的迁移之旅。岩浆热液作为另一个重要的流体来源,当它与地层流体相遇后,二者迅速混合,就此诞生了富含大量成矿元素的成矿流体。此时的成矿流体,凭借着自身较高的温度与压力,如同为元素迁移安装了一台强劲的发动机,源源不断地为其提供着强大动力,推动着元素在岩石的微观世界里加速前行。而大气降水在降落到地面后,会逐步下渗到地层深处。在这个漫长的下渗过程中,大气降水充分发挥溶剂的作用,将地层中的各类物质溶解其中,而后顺势参与到成矿流体系统当中。

3.2 物理化学控制

物理化学条件在伟晶岩型锂矿的形成过程中,对地层物质元素迁移起着至关重要的控制作用。首先,温度的变化对矿物溶解与元素扩散有着极为明显的促进效果。以日常生活中的现象为例,当我们把糖放入水中,温度升高时,糖分子的活跃度大幅提升,能够更快地分散到水分子之间,加速溶解过程。同理,在成矿环境中,温度升高会促使矿物晶体结构变得不稳定,矿物中的元素更易脱离晶格束缚,进而加快扩散速度。压力变化同样不可小觑,它能够直接影响流体的相态与元素在其中的溶解度。就像在不同海拔高度下,由于气压的差异,水的沸点会发生明显变化。在成矿流体体系里,压力的升降会导致流体在气态、液态、超临界态等不同相态之间转换,而不同相态下流体对元素的溶解能力截然不同,这无疑会对元素迁移产生重大影响。流体的酸碱度也是一个关键因素,其变化能够显著影响元素的络合能力。在碱性环境下,部分元素的化学活性发生改变,容易与氢氧根离子结合,形成氢氧化物沉淀。这一过程就如同在特定化学环境下,某些物质按照既定的化学反应规律,相互作用产生沉淀一样。氧化还原条件同样不容忽视,它能够改变元素的价态。不同价态的元素,其化学性质与迁移能力有着巨大差异,进而影响元素的迁移能力与最终的沉淀方式。流体与围岩之间时刻发生着水-岩反应,这一反应持续不断地消耗和补充流体中的各类成分,促使元素在不同矿物相之间重新分配,如同一个精密的调控装置,精准地控制着元素的迁移路径与最终沉淀部位。

3.3 矿物-流体相互作用

在地层这个复杂的环境中,矿物与成矿流体之间存在着极为复杂且紧密的相互作用。黏土矿物和有机质对成矿元素展现出独特的吸附-解吸特性。在不同的物理化学条件下,成矿元素仿佛站在跷跷板的两端,在矿物表面与流体之间不断调整平衡位置。当环境条件发生变化,如温度、酸碱度等因素改变时,元素会在矿物表面与流体之间来回“摆动”,时而被矿物吸附,时而又解吸回到流体当中。碳酸盐矿物与成矿流体的反应也相当

活跃。在二者接触过程中,碳酸盐矿物会根据自身的化学性质与流体中的成分发生化学反应,或是释放出自身蕴含的成矿元素,或是捕获流体中的特定元素,同时这一反应过程还会显著改变流体的酸碱度,进而影响其他矿物与元素的行为。硅酸盐矿物与流体之间的反应同样意义重大。在二者相互作用过程中,硅酸盐矿物中的硅元素会逐渐溶解进入流体,导致流体的硅质含量发生变化。而硅质含量的改变,对伟晶岩矿物后续的结晶过程会产生极为重要的影响,从结晶的顺序到最终形成的矿物种类与结构,都在这一过程中被悄然塑造。这些矿物-流体相互作用过程,如同一张无形的大网,紧密交织,对地层物质中元素的迁移、富集以及伟晶岩型锂矿最终的矿物组合形成,都起到了关键作用。

4 成矿贡献分析

4.1 物质来源贡献

地层物质为伟晶岩型锂矿成矿提供了重要的物质来源。通过对地层岩石与锂矿矿石的元素地球化学对比研究发现,地层中预富集的锂、铍等元素是锂矿形成的重要物质基础。在部分地区的锂矿中,锂元素的同位素组成与地层岩石具有相似性,这一特征就像家族遗传的外貌特征一样,进一步证实地层物质对成矿的贡献。地层物质不仅提供成矿元素,还为成矿流体提供水与挥发分,促进成矿元素的溶解与迁移。

4.2 流体演化影响

地层流体在伟晶岩型锂矿成矿流体演化中发挥关键作用。地层流体与岩浆热液混合,如同将两种不同成分的溶液混合在一起,改变成矿流体的成分与性质,影响成矿元素的迁移与沉淀过程。地层流体中的有机质、电解质等物质参与成矿流体的化学反应,调节流体的酸碱度与氧化还原条件,促使成矿元素在合适的物理化学环境下沉淀成矿。地层流体的加入还影响成矿流体的压力与温度变化,控制伟晶岩的结晶分异过程。

4.3 成矿过程调控

地层物质通过与岩浆相互作用,对伟晶岩型锂矿成矿过程进行调控。地层物质的加入改变岩浆的成分,影响岩浆的结晶分异序列,使得岩浆更利于锂、铍等元素的富集。地层岩石的物理性质(如孔隙度、渗透率)影响成矿流体的运移路径与速度,进而影响成矿元素的分布与矿化富集程度。地层物质与成矿流体的水-岩反应持续改变成矿环境,对伟晶岩型锂矿的成矿过程与矿床特征产生重要影响。

5 勘查意义

5.1 靶区圈定依据

基于地层物质在伟晶岩型锂矿成矿中的贡献研究,可有效圈定潜在成矿靶区。通过系统分析区域地层的岩性组合、元素地球化学特征,如同在地图上标注不同的特征区域,识别出富含

成矿元素的地层单元,结合构造、岩浆活动信息,确定成矿有利地段。利用地球化学异常分析方法,对地层中锂、铍等元素的异常分布进行研究,圈定异常范围,为后续勘查工作提供重要依据。

5.2 勘查技术优化

明确地层物质贡献机制有助于优化锂矿勘查技术。在勘查过程中,针对不同类型地层物质的特点,选择合适的勘查手段。如对于富含成矿元素的沉积岩地层,可采用高精度地球化学测量与遥感解译相结合的方法,就像使用不同的工具来探测隐藏的宝藏。对于变质岩地层,利用同位素地质方法追踪成矿元素来源。根据地层物质与成矿流体的相互作用关系,优化地球物理勘探参数,提高勘查结果的准确性。

5.3 深部预测指导

地层物质贡献研究对伟晶岩型锂矿深部找矿预测具有重要指导意义。通过分析地层物质在垂向上的元素变化规律,结合成矿流体的运移特征,预测深部矿体的分布。研究地层物质与深部岩浆源区的联系,判断深部成矿潜力,为深部找矿提供理论支持。利用地质建模与数值模拟技术,构建地层-构造-岩浆-成矿耦合模型,实现对深部矿体的定量预测,提高深部找矿成功率。

6 结语

地层物质在伟晶岩型锂矿成矿过程中的贡献研究取得显著进展,明确其为成矿提供物质基础与流体条件,对勘查开发意义重大。未来,需进一步加强高精度实验分析,深入研究地层-流体-岩浆相互作用机制;借助先进地球物理探测与大数据分析技术,构建更精准的成矿预测模型;开展多学科交叉研究,全面揭示伟晶岩型锂矿成矿规律,推动锂矿资源勘查开发迈向新高度。

[参考文献]

- [1]李献华,黄小龙,葛文春,等.中国东部中生代岩浆活动与成矿[J].岩石学报,2007,23(11):2667-2694.
- [2]侯增谦,宋玉财,杨晓勇,等.中国主要类型锂矿成矿作用与成矿规律[J].岩石学报,2021,37(02):345-379.
- [3]陈衍景,富士谷.成矿流体与成矿作用[J].地学前缘,1995,2(03):257-272.
- [4]翟裕生,姚书振,周涛发,等.地质流体与成矿[J].地学前缘,1999,6(03):325-337.
- [5]谢玉玲,孙晓明,章百明,等.锂铍铷钽矿床地质与地球化学[J].地质学报,2010,84(06):872-886.

作者简介:

林亚强(1987--),男,汉族,甘肃省武山县人,本科,地质工程师,研究方向:地质勘察。