DOI:10.16206/j.cnki.65-1136/tg.2021.01.025

新疆和田大红柳滩南一带锂铍多金属矿成矿规律及远景评价

谭克彬

（新疆维吾尔自治区地质矿产勘查开发局第六地质大队 哈密 839000）

摘 要 新疆和田大红柳滩南一带位于西昆仑大红柳滩锂铍多金属矿外围，近年来新发现了509道班西等一系列具有重大前景的找矿远景区。含矿伟晶岩脉是二云母二长花岗岩浆晚期残余岩浆的产物。矿化受断裂构造和节理等构造控制。矿化空间分带显示矿化锂辉石位于中低温区伟晶岩脉带。区内以锂为主的稀有金属矿床成矿时代为晚三叠世。根据岩石矿物组合划分了三期五个成矿阶段，岩浆期、热液期和表生期。其中岩浆期对应岩浆晚期伟晶岩成岩阶段；热液期划分为：钠长石化阶段、韧性变形阶段和汽-液成矿阶段；表生期对应地表风化阶段。综合区域矿床对比、成矿条件分析和最新的找矿成果，509道班西地区成矿特征类似于大红柳滩，大红柳滩南具有进一步寻找大型锂铍多金属矿床的潜力。

关键词 509道班西 锂铍矿床 成矿规律 成矿条件 远景评价

1 前言

新疆西昆仑大红柳滩地区是我国最重要的稀有金属成矿带之一，近年来在该地区外围509道班西一带陆续发现了一系列锂铍多金属矿床（点），宁强沟、异石沟、喀拉卡锂、铍多金属矿床（点）[1-4]。前人对这些新发现的矿床开展了基础地质、岩石化学、矿物学、年代学等研究工作[5-9]，丰富了研究区战略性稀有金属矿产成矿理论，为下一步找矿工作奠定了良好的基础。尽管如此，509道班西一带锂铍矿化还未有系统的成矿规律总结，矿化的空间分带及成因，成矿阶段划分还不明晰，和邻近典型的大红柳滩锂铍矿床相比，其找矿远景值得进一步探讨。基于此，笔者在成矿地质背景分析的基础上，从空间和时间两个维度总结了成矿规律，并给予典型矿床对比、成矿条件分析和最新的找矿成果，评价了找矿远景，以期为下一步区域稀有金属找矿提供参考。

2 成矿地质背景

2.1 地层

区内出露三叠纪巴颜喀拉山群中组上段，原岩为一套细碎屑岩类复理石建造，经中—低级区域变质作用形成浅变质碎屑岩、板岩、片岩等。其中浅变质碎屑岩具有较好的渗透性，有利于含矿气液的运移；板岩、片岩对于含矿溶液的热、气、液等具有一定的储藏、封闭作用，更为矿物的结晶创造了良好的条件。

2.2 构造

矿区位于苦水湖背斜北翼，为一单斜构造。地层走向为NW290°～320°，倾向北东，倾角54°～69°。矿区受大红柳滩断裂和奇台达坂断裂带两组斜交断裂带双重作用，致矿区次级断裂破碎带比较发育，呈密集条带状展布，边部岩石发育糜棱岩、糜棱岩化或片理化。

区内节理十分发育，早期节理为岩浆活动所形成的节理与早期断裂活动远程效应下的次级节理，是区内主要的控矿、容矿构造；中期节理将沿早期节理锂辉石单晶体沿短轴方向截断，对矿体有一定的破坏作用；晚期节理将锂辉石单晶体沿长轴方向截断，并将中期节理错断，致使锂辉石单晶体破碎，并发生重结晶。区内片理化带比较发育，走向北西-南东向，呈带状延伸，但强弱程度不同。

2.3 岩浆岩

晚三叠世二云母二长花岗岩体呈岩株状产出，侵位于三叠纪巴颜喀拉山群中组上段。从不含矿伟晶岩脉与含矿伟晶脉分别位于岩体外接触带0～500米、500～1500米范围，且成群成带密集分布，具有明显的分带性，其走向与岩体的接触带平行，暗示了伟晶岩脉与岩体在空间上关系密切。

岩石地球化学特征显示其为高钾钙碱性系列，属于过铝质S型花岗岩，是陆陆碰撞过程中地壳熔融的产物[3, 10]。二云母二长花岗岩中Li、Be、Rb等稀有元素含量相对较高，呈富集型分布，暗示其能够为稀有金属元素成矿提供物源，应是成矿母岩。二云母二长花岗岩、不含矿伟晶岩、含矿伟晶岩三者的稀土元素分配型式具有相似性和可比性，指示了三者之间具有同源性[9, 10]。二云母二长花岗岩、含矿伟晶岩脉形成年龄分别为208.8±1.7Ma、200.8±1.6Ma，说明

二者形成于准同期或稍晚，指示含矿伟晶岩脉是二云母二长花岗岩浆晚期残余岩浆的产物[5, 6, 9]。

3 成矿规律

3.1 空间分布特征

区域上以锂为主的伟晶岩型稀有金属矿较为发育，早在上世纪60年代已发现的有阿克塔斯锂矿，近几年来在509道班西一带取得重大突破[11]。宏观上看，稀有金属矿床呈北西向展布，均位于晚三叠世二长花岗岩体（大红柳滩岩体）北东一侧外接触带。在大红柳滩岩体南西一侧外接触带应该具有相同的成矿地质条件，如果其南西侧外接触亦发育此类稀有金属矿化，那么区域上空间分布将变成环绕晚三叠世二长花岗岩体（大红柳滩岩体）在外接触带的一定范围内广泛发育，对于后续找矿具有非常强的现实指导意义。

含矿花岗伟晶岩脉在空间上位于二云母二长花岗岩体外接触带500～1500米的范围内，且成群成带分布。距离母岩500~800米范围内为Ⅰ号带，也是区内主要的含矿伟晶岩脉分布区，距离母岩800~1500米内为Ⅱ号带，含矿花岗伟晶岩脉零星发育。

Ⅰ号带呈北西向展布，依据其野外产出特征，由西向东分布有Ⅱ、Ⅰ、Ⅳ、Ⅴ四个含矿伟晶岩脉群。Ⅰ、Ⅱ号脉群以西沟第四系冲沟为界，两个脉群伟晶岩脉产状不同，Ⅰ号脉群主体产状为南西缓倾，而Ⅱ号脉群产状为北东陡倾；Ⅰ、Ⅳ号脉群亦以第四系冲洪积为界，两个脉群产状基本为南西缓倾或者北东缓倾，但二者伟晶岩脉主体的发育标高有所差异，Ⅰ号脉群主体在5000米以下，Ⅳ号脉群主体在5000~5450米之间；Ⅴ号脉群从空间上看应为Ⅳ号含矿伟晶岩脉群的东南延伸，其上部为三叠纪巴颜喀拉山群地层覆盖，伟晶岩脉标高基本一致，但产状较Ⅳ号脉群散乱，既有朝南又有朝北，倾角较陡。

Ⅱ号带含矿伟晶岩脉极少，仅见一处，圈定为Ⅲ号含矿伟晶岩脉群，地表含矿伟晶岩脉表现为几条细长脉沿构造节理发育。Ⅲ号脉群与其他四个脉群在成因上可能具有差异性，Ⅰ号带四个脉群绕大岩体外围发育，与母岩的产状密切相关，Ⅱ号带Ⅲ号脉群明显距离母岩较远，从岩浆热液成矿理论分析，其应为一个独立的热源。

含矿伟晶岩脉的发育主要形成于岩浆底辟上隆的晚期阶段，脉体形态受控于区内构造样式，主要有两种类型的控矿构造：一种是岩浆底辟上隆过程中挤压、热胀冷缩作用形成的节理，一般呈北西向顺走向延伸，其倾角不太稳定，与岩浆上侵局部产状关系密切；另一种是早期（三叠纪时期）区域性逆冲推覆构造所形成的构造薄弱面。含矿热液沿着薄弱面上侵，在有利部位富集成矿，形成形态不一的含矿伟晶岩脉。

3.2 空间分带成因探讨

热液成矿往往表现为多期次，且多数表现出围绕某一点或区域（热源）呈带状的特征，总结研究，发现距离中心热源近的地方多为相对高温元素成矿区，稍远为相对中温元素成矿区，远处为相对低温元素成矿区，不同区之间界线不明，呈过渡区[12]。结合本次预查工作建立成矿分带平面、垂向分带示意图（图1），以期进一步诠释该时期岩浆热液成矿的空间分布规律。

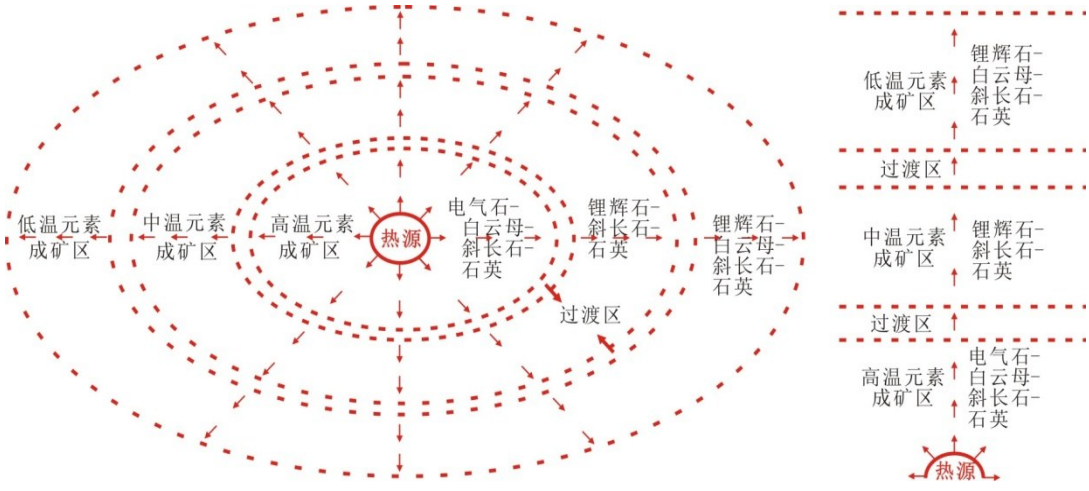


图1　509道班西锂铍矿床成矿空间分带理想模式图

从区内岩浆热液演化看，区内伟晶岩脉仅发育一期，为晚三叠世末期，闪长岩获得锆石U-Pb年龄211.3±3.3Ma，二云母二长花岗岩获得锆石U-Pb年龄208.8±1.7Ma[9]，在二者演化基础上，岩浆演化进入了末期阶段，二云母二长花岗岩晚期发生了结晶分异作用，大量含成矿元素的热液流体沿着早期岩浆底辟作用、早期逆冲推覆作用所形成的通道上升，伴随着成矿流体温度由高—低变化，在相对高温区域结晶出以电气石为代表的高温矿物，在相对中低温区域结晶析出以锂辉石为代表的中—低温矿物，锂辉石伟晶岩中获得独居石同位素年龄为200.8±1.6Ma[6]，而锂辉石作为区内主要成矿矿物，故相对中低温区伟晶岩脉带即是找矿工作的重中之重。

3.3 时间分布规律

区域上伟晶岩广泛发育，目前锆石同位素测年成果显示有古元古代、中生代两个阶段。古元古代变质伟晶岩比例较大，主要分布在哈巴克北寒武纪侵入岩的外接触带，为变质地层重融作用的产物，形成于较深层次构造，稀有金属矿化弱，不具有找矿潜力；中生代伟晶岩为岩浆热液型，以脉状、透镜状为主，主要发育于康西瓦断裂两侧，区内稀有金属矿与该期花岗伟晶岩有密切关系。

区域上伟晶岩脉型稀有金属矿成矿年代学前人研究较多，上世纪至2010年前后，主要采用$Ar^{40}-Ar^{39}$法，对白云母进行测年，所获年龄有185~156Ma、191.1Ma两组，为早侏罗世。近年来，前人对含矿伟晶岩脉中铌钽铁矿和锡石测年，认为伟晶岩形成时代为212 Ma~218 Ma，含矿伟晶岩脉中独居石的U-Pb同位素年龄200.8±1.6Ma，为晚三叠世[2, 5, 9]。

综合分析，笔者认为大红柳滩一带以锂为主的稀有金属矿床成矿时代为晚三叠世。

3.4 成矿阶段划分

矿区矿石成分复杂，变化多样，但结构、构造相似，根据矿石的结构构造和相互穿插关系，本次研究将矿区矿石划分为三期五个成矿阶段，分别为：岩浆期、热液期和表生期。其中岩浆期对应岩浆晚期伟晶岩成岩阶段；热液期划分为：钠长石化阶段，韧性变形阶段和汽-液成矿阶段；表生期对应地表风化阶段。

岩浆晚期伟晶岩成岩阶段：岩浆演化到晚期富含流体的岩浆沿裂隙等构造薄弱带浸入形成花岗伟晶岩脉（前述不含矿花岗伟晶岩）。主要矿物组成为巨晶微斜长石、粗粒厚板状的钠长石、他形粒状石英和白云母等矿物。矿石结构构造为块状构造、巨晶结构或花岗结构。

钠长石化阶段：岩浆作用已经结束，进入热液蚀变期。主要生成矿物为钠长石、锂云母、锂辉石等矿物。该阶段生成的钠长石多呈薄板状，聚片双晶发育，多呈放射状、无定向性分布，交代斜长石，常与石英集合体呈团块。锂辉石呈自形-半自形柱状晶，比较破碎，次生白云母化较强，部分晶体由白云母集合体替代。白云母呈片状，一组解理极为发育，部分交代斜长石。前一阶段形成的微斜长石和厚板状钠长石多被这一阶段形成的薄板状钠长石交代而消失殆尽或呈交代残余结构出现（图2a）。

韧性变形阶段：以矿物变形为特征，主要生成矿物为锂云母、磁铁矿、黄铁矿等矿物。在韧性变形阶段各种矿物变形明显，前一阶段形成的钠长石等被变形搓动而定向排列，锂辉石发生扭折呈膝折状，石英多发生动态重结晶，粒度变细或发生亚颗粒化（图2b）。该阶段新形成的绢云母和锂云母粒度较细，多呈条带状定向排列。此阶段出现白云母化、钠长石化、硅化、金属矿化等。在金属矿化中，磁黄铁矿与黄铁矿共生，二者集合体呈团块状，褐铁矿沿黄铁矿、磁黄铁矿边缘及裂隙交代，部分褐铁矿集合体呈黄铁矿假像，围绕黄铁矿、磁黄铁矿边缘分布呈环带状（图2c）。

汽—液成矿阶段：随着温度压力的降低和岩浆热液的演化，成矿流体开始气化，多形成电气石、锂云母和锡石等矿物。这一阶段形成的矿物粒度较粗，多包裹前期矿物。矿石中可见电气石包裹变形的条纹长石等矿物（图2d），说明其形成于塑性变形以后。

地表风化阶段：矿石成矿热液期结束后，随着地层抬升和剥蚀，矿石逐渐出露地表，进入地表风化阶段。主要形成为粘土矿物等。粘土矿物主要呈浸染状交代长石、云母等矿物；另一特征是矿石碎裂明显，裂隙发育。

4 找矿远景评价

4.1 区域典型矿床对比分析

西昆仑地区伟晶岩型锂矿早在上世纪六、七十年代即已发现，早期发现的有大红柳滩锂矿，首采区储量为8.6万吨，氧化锂品位1.25~1.65%，晶体品位6.7~7.4%，且含钽、铌稀有金属1000多吨，锡1万多吨[4]。区域上，四川甘孜州甲基卡矿区外围实现了重

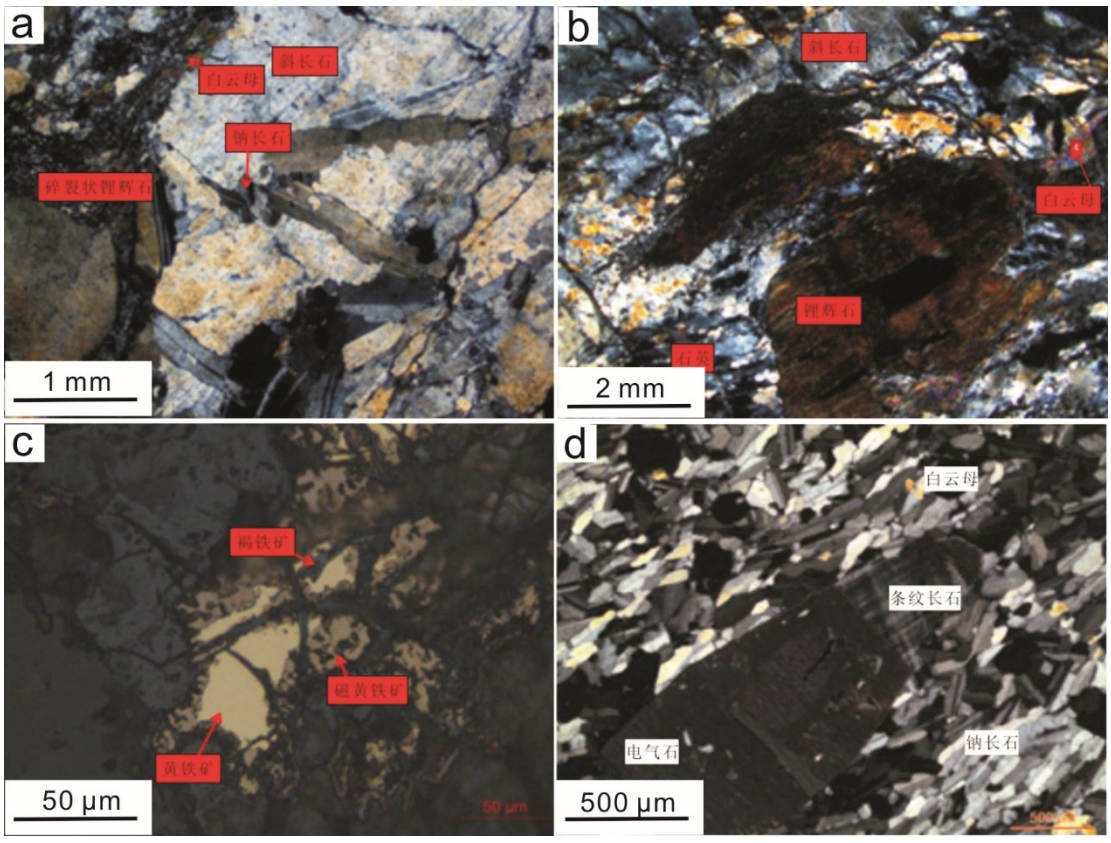


图2　509道班西锂铍矿床含矿伟晶岩镜下照片

(a)钠长石交代斜长石/白云母交代锂辉石;(b)锂辉石受剪切作用变形;(c)浸染状金属矿物交代特征,反射光;(d)电气石包裹条纹长石。

表1　509道班西锂铍矿床花岗伟晶岩中矿物生长顺序表

成矿期次	岩浆期	热液期			表生期
成矿阶段	成岩阶段	钠长石阶段	韧性变形阶段	汽-液成矿阶段	地表风化阶段
微斜长石	———				
石英	———	———	———	———	
白云母	———	———	———		
钠长石	———	———			
锂云母		———	———	———	
锂辉石		———			
黄铁矿			———		
磁黄铁矿			———		
褐铁矿			———		
电气石				———	
粘土矿物					———

要找矿突破,累计新增氧化锂资源量100万吨、氧化锂平均品位1.41%,全区探获资源总量超过200万吨,同时共伴生铍、铌钽、铷、铯、锡等矿种,均可综合利用,奠定了1处世界级锂辉石矿资源基地[3]。

近几年，随着国家战略性稀有金属矿产勘查力度的进一步加强，大红柳滩地区相继新发现多个锂矿，如陕西省矿产地质调查中心、西安地质调查中心、新疆第六地质大队等先后发现的宁强沟、异石沟、喀拉卡矿床（点），以及在外围新发现多处矿点、矿化点[1, 2, 4]。此外，在新疆南部厘定出一条600千米长的木吉—大红柳滩稀有金属成矿带，提出新疆昆仑—喀喇昆仑稀有金属资源潜力完全可以媲美四川西部稀有金属成矿区。本地区和四川甲基卡锂矿成矿地质背景、成矿地质条件对比结果显示，大红柳滩地区锂矿与四川甲基卡式锂矿具有相似性和可比性，暗示了该区具有极大的找矿潜力。

4.2 成矿地质条件分析

研究区位于巴颜喀拉晚古生代-中生代边缘裂陷带西部，伴随有印支晚期大规模岩浆活动，带内发育晚三叠世同碰撞二云母二长花岗岩及其与之关系密切的（含矿）花岗伟晶岩脉；勘查区隶属于大红柳滩RM-Fe- Pb-Zn-CuⅣ级矿带，带内典型矿床主要有大红柳滩锂多金属矿及新发现的宁强沟、异石沟、喀拉卡锂、铍多金属矿床（点）。

区内晚三叠世二云母二长花岗岩为成矿母岩，为成矿提供了丰富的物质来源，并在其外接触带形成大量（含矿）伟晶岩脉；区内裂隙、节理等构造发育，能够为成矿流体提供必要的空间和通道。因此，勘查区成矿地质条件优越。

4.3 成矿事实分析

2017年，陕西省地质调查中完成了”新疆和田县大红柳滩509道班西锂、铍多金属矿调查评价“项目，获得预测的内蕴经济的资源量（334）?锂矿石量1679.34万吨，Li_2O资源量34.83万吨；获得铷矿石量1707.33万吨，Rb_2O资源量19990.29吨；获得铍矿石量1119.63万吨，BeO资源量5795.40吨。

2018年，陕西省地质调查中心正在实施“新疆和田县大红柳滩509道班西锂、铍多金属矿预查”项目，找矿成果突出。在Ⅰ－Ⅴ号区共圈定锂矿体64个，获得锂矿石资源量（334_1）1621.23万吨，Li_2O量（334_1）28.24万吨万吨。

综上所述，锂金属是“新能源金属”和“推动世界前进的金属”，用途广泛，前景广阔，市场需求量和价格进一步增高。通过进一步勘查，509道班西一带有望形成类似于大红柳滩的中大型锂铍多金属矿床，为国家和地方经济建设注入新的动力。

参考文献

[1] 杜晓飞，王威，张雅芳，等. 新疆锂矿资源分布、矿床类型及找矿方向[J]. 新疆有色金属. 2020, 43(06): 1-4.

[2] 涂其军，韩琼，李平，等. 西昆仑大红柳滩一带锂辉石矿基本特征和勘查新进展[J]. 地质学报. 2019, 93(11): 2862-2873.

[3] 杨合群. 大红柳滩式锂矿床[J]. 西北地质. 2018, 51(03): 170.

[4] 涂艳霞. 新疆有色集团大红柳滩稀有金属勘查项目取得丰硕成果[J]. 新疆有色金属. 2020, 43(06): 62.

[5] 乔耿彪，伍跃中，刘拓. 西昆仑大红柳滩伟晶岩型稀有金属矿的形成时代：来自白云母~(40)Ar/~(39)Ar同位素年龄的证据[J]. 中国地质. 2020, 47(05): 1591-1593.

[6] 李侃，高永宝，滕家欣，等. 新疆和田县大红柳滩一带花岗伟晶岩型稀有金属矿成矿地质特征、成矿时代及找矿方向[J]. 西北地质. 2019, 52(04): 206-221.

[7] 胡军，王核，徐德明，等. 西昆仑大红柳滩铁矿床矿物电子探针化学成分和赤铁矿氧同位素特征研究[J]. 地球化学. 2019, 48(05): 458-467.

[8] 凤永刚，王艺茜，张泽，等. 新疆大红柳滩伟晶岩型锂矿床中磷铁锂矿地球化学特征及其对伟晶岩演化的指示意义[J]. 地质学报. 2019, 93(06): 1405-1421.

[9] 张泽，梁婷，凤永刚，等. 新疆西昆仑造山带康西瓦含绿柱石白云母伟晶岩的地质特征与年代学研究[J]. 西北地质. 2019, 52(01): 75-88.

[10] 张国鹏，徐胜利，李超. 新疆大红柳滩地区俘虏沟花岗伟晶岩成矿特征[J]. 科学技术与工程. 2019, 19(09): 29-35.

[11] 彭海练，贺宁强，王满仓，等. 新疆和田县大红柳滩地区509道班西稀有多金属矿地质特征与成矿规律探讨[J]. 西北地质. 2018, 51(03): 146-154.

[12] 翟裕生. 试论矿床成因的基本模型[J]. 地学前缘. 2014, 21(1): 1-8.

收稿：2021-01-20