# 新疆托盖勒克地区1∶5万水系沉积物测量地球化学特征及锂找矿前景

班宜红,涂良权,芦西战,李福斌,安金亮

(河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院,郑州 451464)

**摘 要** 我国是全球第一大锂资源消费国,但供应能力较弱,对外依存度高达80%,政府相关部门高度重视锂资源勘查工作。河南地勘二院2016—2018年在新疆托盖勒克托盖勒克地区开展的化探扫面工作中,圈定了三个以Li为主成矿元素的化探综合异常,通过槽探工程验证发现了资源潜力巨大的托盖勒克锂矿点。作者通过对研究区化探测试数据进行综合处理分析,总结出该区的地球化学特征和锂矿找矿前景。锂矿主要赋存于锂云母伟晶岩脉内、目前发现地表矿化体4条,锂平均品位1.07%,初步估算矿床达到大型规模,具有形成超大型锂稀有多金属矿的找矿前景。

**关键词** 锂矿 水系沉积物测量 异常解译 找矿远景区 找矿前景 新疆

**中图分类号**:P619.14;P632 **文献标识码**:A **文章编号**:1674-7801(2020)04-0764-11

## 0 引言

锂是《全国矿产资源规划(2016—2020年)》中所确立的24种战略性矿产之一,是新能源汽车产业发展不可或缺的关键原料,战略地位极其重要。锂资源的安全供应关系到我国新能源汽车产业、储能、电子信息等战略性新兴产业的健康稳定发展。目前,我国锂资源消费量占全球52%,是第一大消费国,尽管我国锂资源丰富,但供应能力较弱,对外依存度高达80%,锂矿资源供不应求(刘丽君等,2019)。河南地勘二院2016~2018年承担的新疆阿尔金北缘拜什托格拉克一带1∶5万J45E011012、J45E011013、J45E011014三幅区域地质矿产调查项目中,新发现了托盖勒克锂矿点。矿区地理坐标为:东经87°32′02″~87°21′27″,北纬38°10′38″~38°14′00″,位于新疆阿尔金北缘若羌县与且末县交界处,处在柴达木地块与塔里木地块的交接部位阿尔金构造带内,锂矿脉分布在东西长13 km,南北宽12 km,面积约156 $km^2$化探异常范围内,化探异常向东未封闭(陈培伟等,2019)。托盖勒克HS11-甲2综合异常具有面积大、元素组分典型、异常分带清晰、异常套合较好的特征,目前由于该地区仅仅是完成了矿产地质调查中的异常查证工作,工作程度较低,且工作区自然条件恶劣,山势陡峭,人员进入补给困难,目前仅发现锂矿体4条,但仅主矿体主矿体长达2.47 km,厚约10 m,$Li_2O$平均品位1.07%,估算(334)资源量已达到大型规模,是一处资源潜力巨大的矿产地,具有形成超大型锂稀有金属矿成矿前景,资源潜力十分可观。赋矿地质体为锂云母花岗伟晶岩。本文作者大多参加过野外一线作业,掌握该地区第一手地质资料,作者通过对该地区的地球化学特征进行分析研究试图对锂矿床的找矿前景作初步探讨。

## 1 地质背景

研究区位于青藏高原北缘,卡拉库姆-塔里木陆块区(II)与秦祁昆造山系(III)交接部位,横跨塔里木中央地块(II-1-4)与阿中地块(III-1-2)(图1)。调查区是一个经历过多期复杂地质演化历史,由不同构造层次、不同时期和形成于不同构造环境

[收稿日期]2019-11-17
[基金项目]新疆维吾尔自治区地质勘查基金项目(编号:K16-1-LQ12)资助。
[第一作者简介]班宜红,男,1969年生,高级工程师,从事地质矿产勘查工作;E-mail:626877023@qq.com。

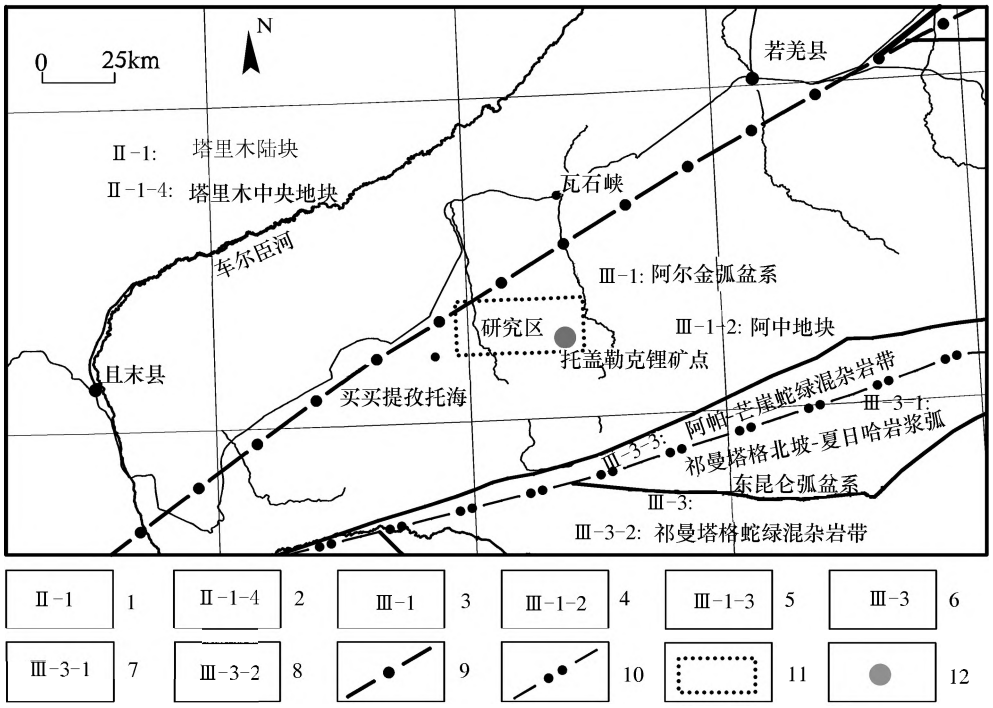



**图 1　新疆托盖勒克地区构造位置图**(据陈培伟等,2019)

1—塔里木陆块;2—塔里木中央地块;3—阿尔金弧盆系;4—阿中地块;5—阿帕-芒崖蛇绿混杂岩带;6—东昆仑弧盆系;7—祁曼塔格北坡—夏日哈岩浆弧;8—祁曼塔格蛇绿混杂岩带;9—卡拉库姆-塔里木陆块区(Ⅱ)与秦祁昆造山系(Ⅲ)分界;10—阿尔金弧盆系与东昆仑弧盆系分界;11—研究区范围;12—托盖勒克锂矿

地质体所组成的复合造山带(伍跃中,2008)。

区域地层区划属阿尔金地层分区,出露地层有:出露地层主要有新太古—古元古界阿尔金岩群($Ar_3Pt_1A.$)。本次区调工作中把阿尔金岩群解体为变质侵入体和表壳岩,根据空间分布、岩石类型,变质程度、原岩建造特征和变质矿物组合等差异将表壳岩进一步分为 a 岩组($Ar_3Pt_1A.^a$)、b 岩组($Ar_3Pt_1A.^b$)。

区域地层区划属阿尔金地层分区,出露地层有:出露地层主要有新太古—古元古界阿尔金岩群($Ar_3Pt_1A.$)。本次区调工作中把阿尔金岩群解体为变质侵入体和表壳岩,根据空间分布、岩石类型,变质程度、原岩建造特征和变质矿物组合等差异将表壳岩进一步分为 a 岩组($Ar_3Pt_1A.^a$)、b 岩组($Ar_3Pt_1A.^b$)。托盖勒克锂矿点位于阿尔金岩群 b 岩组二岩段内。

研究区内酸性侵入岩分布广泛,晋宁期、加里东期、印支期等均有规模不等的酸性岩侵入,多沿阿尔金山呈北东向带状展布。岩石类型复杂、多成因、来源多样,充分反映了造山带花岗岩丰富多样的特点(张建新等,2011)。燕山期黑云母二长花岗岩分布于矿区北、东侧,呈面状展布,与阿尔金岩群 b 岩组呈侵入接触。岩石类型主要为灰白色(弱)片麻状中细粒黑云二长花岗岩,在研究区东部有向正长花岗岩、花岗伟晶岩过渡现象。在黑云母花岗岩的内外接触带伟晶岩岩脉特别富集;其东部的电气石伟晶岩距矿点约 6 km,宽约 400 m 走向北东,向东延伸出调查区,矿点至电气石伟晶岩间断续出露有白云母伟晶岩脉,该矿点处锂云母伟晶岩即为伟晶岩带分异的结果。

区域变质岩分布广泛,除第四系和中新生代地层外,其余岩石均已遭受不同程度变质作用的改造,形成了相应的变质岩。研究区内变质作用类型主要以区域变质岩为主,动力变质岩和接触变质岩大多叠加在区域变质岩之上(龚正等,2013)。气—液变质作用以及动力变质作用新太古-古元古代变质岩主要分布于研究区中南部及东南部,构造上位于塔什萨依断裂东南,以英格里克强变形带为界分为阿

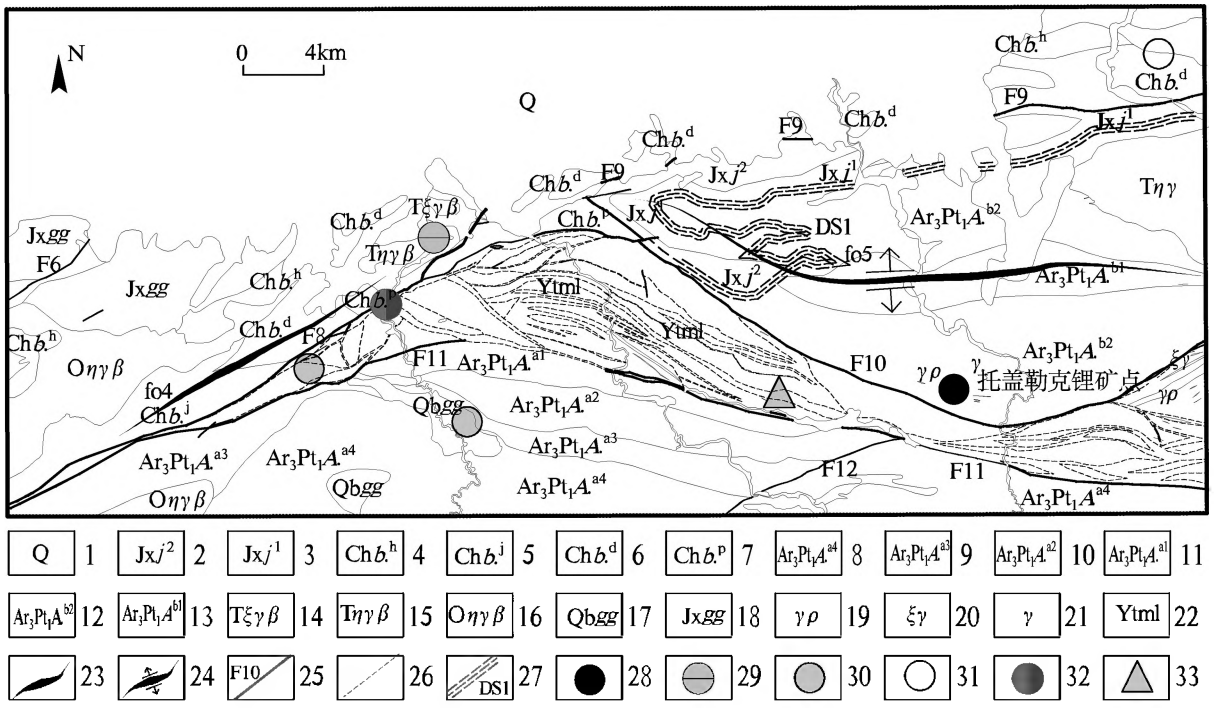



**图 2　新疆托盖勒克地区区域地质特征及构造纲要图**(据陈培伟等,2019)

1—第四系;2—蓟县系金雁山组二段;3—蓟县系金雁山组一段;4—长城系贝壳滩岩组黑云斜长片麻岩段;5—长城系贝壳滩岩组角闪岩段;6—长城系贝壳滩岩组大理岩段;7—长城系贝壳滩岩组片岩段;8—太古—元古界阿尔金岩群 a 岩组四岩段;9—太古—元古界阿尔金岩群 a 岩组三岩段;10—太古—元古界阿尔金岩群 a 岩组二岩段;11—太古—元古界阿尔金岩群 a 岩组一岩段;12—太古—元古界阿尔金岩群 b 岩组二岩段;13—太古—元古界阿尔金岩群 b 岩组一岩段;14—三叠纪花岗质伟晶岩;15—三叠纪细粒正长花岗岩;16—三叠纪黑云正长花岗岩;17—三叠纪黑云二长花岗岩;18—奥陶纪黑云二长花岗岩;19—青白口纪花岗质片麻岩;20—蓟县纪花岗质片麻岩;21—伟晶岩脉;22—英格里克强变形带;23—背斜;24—复背斜;;25—断裂及编号;26—糜棱岩化带;27—韧性剪切带;28—锂矿点;29—稀土矿点;30—金矿点;31—镍矿(化)点;32—铅锌矿点;33—砷矿点

尔金岩群 b 岩组($Ar_3Pt_1A.^b$)和阿尔金岩群 a 岩组($Ar_3Pt_1A.^a$),两者属区域动力热流变质作用,为中级变质,其中阿尔金岩群 b 岩组变质相为高-低角闪岩相,阿尔金岩群 a 岩组变质相为低角闪岩相(许志琴等,1999)。

区域构造线总体展布方向为近东西向,局部受构造影响而有变化,呈北东向、北西向。托盖勒克断裂(F10)从矿床西南侧通过(图 2),呈南凸弧状展布,东部走向约 65°,西部走向约 120°,断裂总体向南倾,倾角较大,与英格里克构造强变形带整体南倾相一致。局部受影响而呈北倾。断裂表现为英格里克强变形带与南部阿尔金岩群 b 岩组($Ar_3Pt_1A.^b$)之间界线。断裂带南侧为英格里克强变形带(吴玉等,2016),岩石已发生强烈的构造混杂作用。该断裂带为具有多期活动的复合型断裂构造,经历逆冲剪切韧性变形、脆韧性剪切变形、脆性挤压拉断性质(周勇和潘裕生,1999),由此造成地层中次级构造裂隙十分发育,走向多呈近东西—北西—北东向延伸。区域断裂(F10)的次级构造裂隙控制了挥发分气成热液的运移和富集,作为含挥发份极高的伟晶岩矿脉伟晶岩的形成空间就是走向断层的次级断裂空间,矿体主要受次级裂隙控制。构造为含矿热液运移就位提供了有利通道及空间。当同一矿脉分叉时沿纵向节理的矿脉含矿富,沿横向节理的岩脉含矿贫或根本不含矿;伟晶岩的膨胀与两组节理相交有关,在岩脉膨胀地段结构粗、钠长石化强烈,矿化好。

## 2　化探异常信息提取

研究区水系沉积物测量样品布设方式为:在全区 1∶5 万地形底图上以 1 $km^2$ 作为一个采样大格,将每个采样大格划分成等面积的 4 个采样小格,采

样布设兼顾合理性、均匀性和有效性原则。采样点主要布置在 1∶5 万地形图上能识别的长度大于 300 m 的一级水系中,当一级水系长度大于 500 m 时,则增加了样点布设,并在二级、三级水系中布设控制点。每个样点控制汇水面积 0.125~0.25 $km^2$,平均采样密度 4.72 个/$km^2$。基岩区除地形条件异常恶劣外,采样大格内都有采样点分布,未见连续 3 个以上的空白小格。综合前人的实验成果,本区采用-10~+80 目截取粒级。采样物质以细砂等颗粒物质为主,避免采集有机质、粘土及风积物等。样品采集时沿活动性水流线,在 20~30 m 范围内 3~5 处多点采集组合样。

过筛后样品重量都在 300 g 以上,重复分析样装件样品重量都不小于 800 g。样品测试由河南省地质矿产开发局第二地质勘查院实验室完成,定量分析 Li、Th、La 等 18 种元素的含量。

## 2.1　元素含量特征

研究区运用 SPSS 软件对甲基卡地区 3225 件水系沉积物样品的原始测试数据进行了统计分析,结果见表 1。由表 1 可知:① 区内主成矿元素 Au、W、Sn、Ni、La 、As 及 Bi 等元素的特高值与累积频率 95%对应的数值相差较大,有必要对其进行预处理;② 多数元素偏度和峰度值特征基本不服从正态分布,Au、W、Mo、La、As、Sb 等变异系数较大,数据分布不均匀,离散程度高,说明该类元素具有明显的次生富集特征。③ W、Mo、Sn、Bi、La、Ni、As、Sb 为研究区内同时具备强富集强分异特征的元素,利于成矿或指示矿的存在。④ Li 元素强富集但分异程度不高,说明其分布集中主要为岩体成因且成矿后基本未受后期热液破坏改造。

## 2.2　单元素异常特征

研究区共圈定的单元素异常 709 个,其中规模较大 Li、W、Sn、Bi 单元素异常分布于研究区东部(图 3),异常具有面积大,连续性好,异常强度高,W、Sn、Bi 为花岗岩的高温标型元素,和 Li 异常空间套合关系表明托盖勒克锂矿的形成与花岗岩有密切

表 1　元素地球化学特征参数　　$\omega_B/10^{-6}$

| 元素 | 极小值 | 极大值 | 均值 | 中数 | 标准差 | 偏度 | 峰度 | 变异系数 | 富集系数 | 不同累积频率对应的含量值/% | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | 50 | 75 | 88 | 95 |
| Cu | 1.00 | 309.00 | 23.84 | 22.00 | 15.00 | 3.80 | 47.89 | 0.63 | 1.48 | 22.00 | 30.00 | 38.00 | 48.00 |
| Pb | 1.00 | 643.00 | 27.03 | 22.00 | 29.35 | 11.69 | 196.65 | 1.09 | 1.92 | 22.00 | 30.00 | 39.40 | 55.00 |
| Zn | 2.00 | 1142.00 | 58.34 | 54.00 | 39.66 | 11.08 | 231.99 | 0.68 | 1.02 | 54.00 | 70.60 | 85.00 | 103.00 |
| Co | 0.90 | 110.00 | 11.57 | 11.00 | 6.27 | 2.31 | 24.60 | 0.54 | 1.83 | 11.00 | 15.00 | 18.00 | 21.00 |
| Ni | 1.00 | 1655.00 | 24.94 | 20.00 | 54.41 | 19.06 | 444.04 | 2.18 | 1.98 | 20.00 | 27.00 | 34.00 | 43.00 |
| Cr | 1.00 | 1563.00 | 66.34 | 64.00 | 42.79 | 15.36 | 485.86 | 0.65 | 1.98 | 64.00 | 83.00 | 96.00 | 112.00 |
| W | 0.03 | 515.25 | 3.22 | 1.69 | 12.18 | 27.94 | 1042.78 | 3.79 | 2.54 | 1.69 | 2.85 | 4.34 | 8.35 |
| Mo | 0.01 | 47.13 | 1.28 | 0.95 | 1.59 | 10.87 | 243.86 | 1.25 | 2.17 | 0.95 | 1.47 | 2.04 | 3.43 |
| Nb | 0.10 | 80.00 | 11.88 | 11.00 | 7.37 | 1.21 | 4.27 | 0.62 | 0.81 | 11.00 | 16.00 | 20.00 | 25.00 |
| Th | 0.20 | 23.70 | 5.78 | 5.10 | 3.04 | 1.27 | 2.33 | 0.53 | 0.35 | 5.10 | 7.30 | 9.40 | 11.60 |
| La | 1.00 | 1481.00 | 29.83 | 28.00 | 36.25 | 27.10 | 956.22 | 1.22 | 1.04 | 28.00 | 34.00 | 39.00 | 44.40 |
| Li | 1.00 | 393.00 | 41.65 | 37.00 | 25.04 | 3.79 | 28.03 | 0.60 | 1.56 | 37.00 | 49.70 | 62.00 | 79.00 |
| As | 1.40 | 978.60 | 16.25 | 8.48 | 28.13 | 14.80 | 437.57 | 1.73 | 5.53 | 8.48 | 18.78 | 31.06 | 51.21 |
| Sb | 0.16 | 15.49 | 0.69 | 0.44 | 0.87 | 7.95 | 94.30 | 1.26 | 3.00 | 0.44 | 0.72 | 1.18 | 1.76 |
| Bi | 0.08 | 56.08 | 0.62 | 0.44 | 1.35 | 26.20 | 950.51 | 2.17 | 4.13 | 0.44 | 0.62 | 0.90 | 1.43 |
| Sn | 0.30 | 225.40 | 3.56 | 2.70 | 6.39 | 22.80 | 657.67 | 1.80 | 2.81 | 2.70 | 3.60 | 4.80 | 7.50 |
| Ag | 0.01 | 2.25 | 0.07 | 0.05 | 0.08 | 11.58 | 250.21 | 1.18 | 1.12 | 0.05 | 0.07 | 0.11 | 0.17 |
| Au | 0.01 | 32.48 | 0.67 | 0.53 | 1.02 | 20.41 | 556.91 | 1.51 | 0.73 | 0.53 | 0.77 | 1.05 | 1.53 |

注:测试单位为河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院实验室,Au 单位为 $10^{-6}$。

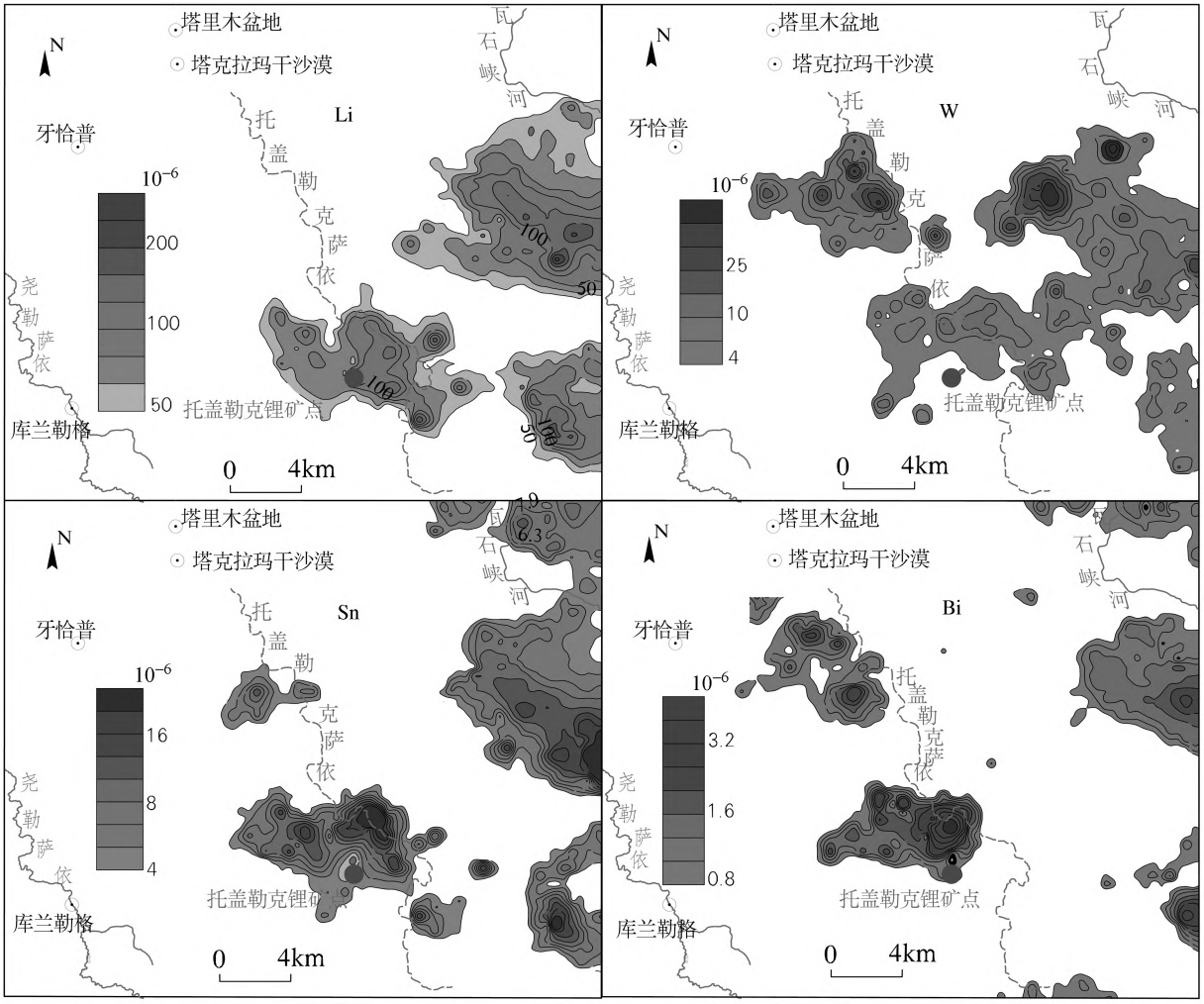



**图 3　新疆托盖勒克地区 Li、W、Sn、Bi 单元素异常图**

成因关联。其中 Li 元素 3 个单异常均呈呈面状展布，有 3 个浓集中心，异常面积共有 70 $km^2$ 以上，异常之间具有同宗同源特征，进一步工作具备形成超大型锂稀有金属矿产地的潜力。

## 2.3　元素组合分析

（1）元素组合特征

研究区对 18 种主要元素的分析数据进行了 R 型聚类分析，结果见图 4。分析图 4 可知：区内元素主要呈现以下组合。

① Ni、Cr、Co、Cu 基性超基性元素组；②Th、Nb、La 稀土放射性元素组合；③Pb、Zn、Mo、Ag、Au、As、Sb 构造热液成因的元素组合；④Li、Sn、Bi、W 花岗岩演化分异形成的元素组合；以上 4 组元素组合在研究区均与金属成矿作用密切相关，元素组合的不同反映了不同的成矿作用类型（徐云峰等，2018）。

（2）因子分析

利用因子分析方法，可以将具有错综复杂关系的元素原始变量归结为少数几个综合因子。由表 2 可知：所有主因子的方差贡献值均未达到 20%，方差贡献值最大的 F1 因子值为 16.780%，说明研究区主成矿元素综合信息比较分散，也暗示了各元素具有复杂的物质来源及成因。通过分析区域内 18 种元素的解释的总方差（表 2），取特征值大于 1.0 的共生组合因子共 6 个，6 个因子的累积贡献率为 59.464%，说明所提取的 6 个因子基本能都反映该区域主要的地质地球化学信息。

通过分析区域内 18 种元素的主成分最大变异（表 3），得到 6 组不同的元素组合分别对应上述分析的 6 个共生组合因子（图 5）。

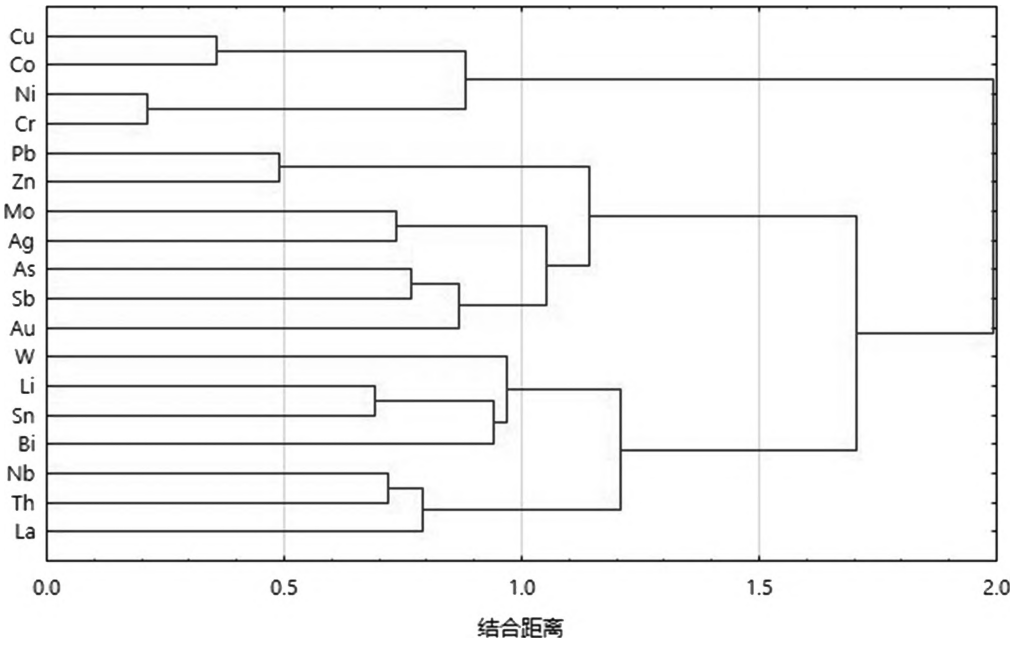



**图 4　新疆托克盖勒地区元素 R 型聚类分析谱系图**

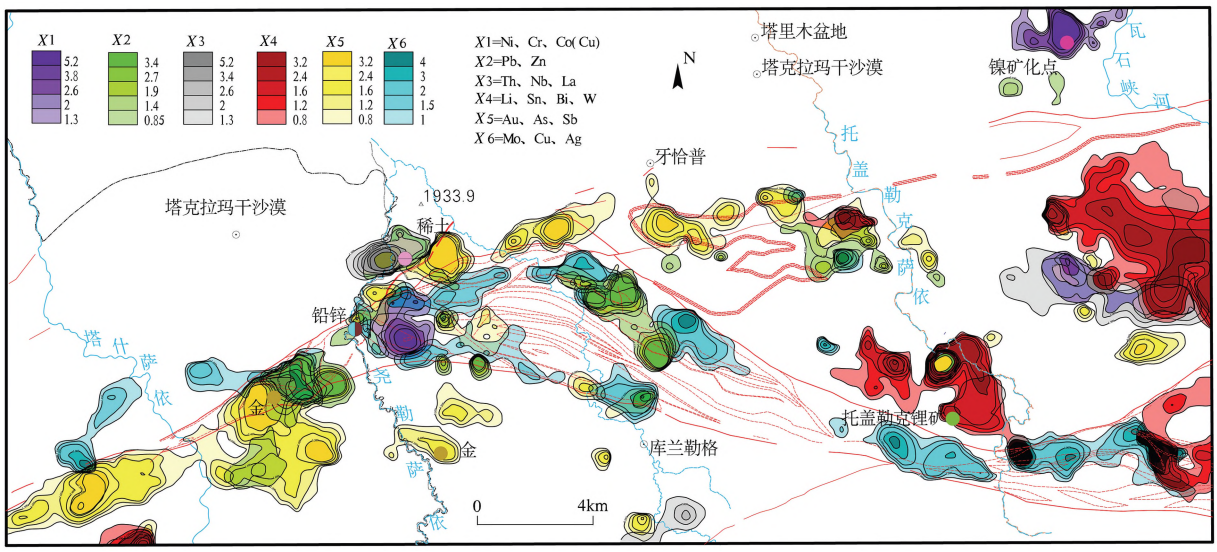



**图 5　新疆托克盖勒地区因子分布图**

由图 5 表 3 可知:*X*1 因子 Co、Ni、Cr(Cu)由 4 种元素组成,从元素的地球化学性质来看,Co、Ni、Cr 元素以亲铁性为主,Cu 元素以亲硫为主,为基性和超基性岩的典型元素组合类型,*X*1 因子分布严格受控于此。Cu 元素在因子中主要作为高背景元素反映,与矿化紧密度不高。在研究区东北部 *X*1 因子分布区发现镍矿化点 1 处。

*X*2 因子 Pb、Zn 元素组合分布受线性构造控制,均呈北东和北西向串珠状分布,断裂热液活动为 Pb、Zn 矿化物质来源,在 F8 断裂与英格里克强变形带的交汇部位新发现有铅锌矿点。

*X*3 因子由 Nb、Th、La 共 3 种元素组成,为亲氧元素的稀土放射性元素组合,三者为伟晶岩的元素组合类型,因子分布严格受控于含褐帘石正长伟晶岩脉发育区,并在该处发现稀土矿点 1 处。

表 2　因子分析特征参数表

| 因子 | 特征值 | 方差贡献值 | 累积方差贡献值 |
|---|---|---|---|
| 1 | 3.020 | 16.780 | 16.780 |
| 2 | 1.925 | 10.695 | 27.475 |
| 3 | 1.801 | 10.005 | 37.480 |
| 4 | 1.305 | 7.248 | 44.728 |
| 5 | 1.120 | 6.223 | 50.952 |
| 6 | 1.070 | 5.943 | 56.895 |

表 3　主成分因子负荷(主成分最大变异法)表

| 元素/成分 | *X*1 | *X*2 | *X*3 | *X*4 | *X*5 | *X*6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Cu | 0.455 | 0.041 | 0.240 | −0.098 | 0.253 | 0.581 |
| Pb | −0.073 | 0.888 | 0.012 | 0.008 | 0.023 | 0.013 |
| Zn | 0.260 | 0.708 | 0.214 | −0.058 | 0.091 | 0.239 |
| Co | 0.807 | 0.015 | 0.310 | −0.059 | 0.113 | 0.215 |
| Ni | 0.848 | 0.010 | −0.230 | 0.032 | −0.065 | −0.109 |
| Cr | 0.940 | 0.025 | 0.035 | 0.049 | 0.021 | 0.027 |
| W | 0.012 | 0.016 | −0.021 | 0.395 | 0.144 | −0.050 |
| Mo | 0.008 | 0.086 | −0.112 | 0.083 | 0.012 | 0.759 |
| Nb | 0.125 | 0.054 | 0.659 | 0.175 | −0.245 | −0.094 |
| Th | 0.033 | 0.093 | 0.666 | 0.226 | 0.133 | 0.001 |
| La | −0.048 | 0.147 | 0.574 | −0.126 | 0.032 | −0.082 |
| Li | 0.079 | −0.028 | 0.282 | 0.688 | −0.023 | 0.044 |
| As | 0.075 | 0.056 | −0.001 | 0.123 | 0.751 | −0.021 |
| Sb | 0.006 | 0.246 | −0.159 | −0.093 | 0.530 | 0.259 |
| Bi | −0.007 | 0.348 | −0.164 | 0.399 | 0.186 | −0.272 |
| Sn | −0.023 | −0.032 | 0.026 | 0.726 | 0.002 | 0.073 |
| Ag | −0.011 | 0.305 | −0.225 | 0.100 | −0.019 | 0.535 |
| Au | 0.037 | −0.013 | 0.049 | −0.119 | 0.589 | 0.097 |

*X*4 因子由 Li、Sn、Bi、W 4 种元素组成,为稀散(亲石)元素,具较高的相关系数,区内 Li-Sn-Bi-W 组合指示区内 Li 等稀有金属矿化多与印支晚期—燕山早期酸性岩浆岩关系非常密切,表现出伟晶岩的成矿专属性;为锂云母花岗伟晶岩的典型元素组合类型。因子分布集中,分布严格受控于锂云母伟晶岩脉发育区,在研究区东部经初步查证便发现了托盖勒克大型锂矿。

*X*5 主因子表现为 Au、As、Sb 组合特征,为中低温成矿元素,第 V 主族的 As、Sb 具较强的迁移能力,属于低温半金属两性元素,可以作为成矿指示元素。因子分布受控于断裂构造带发育,并伴有频繁的热液活动的区域。新发现的两处金矿点均位于该因子分布区内。

*X*6 主因子表现为 Mo、Cu、Ag 组合,为亲硫成矿元素组合类型,但 Mo 元素又与花岗岩关系密切,所以该因子分布受控于区内深大断裂热液活动频繁区。

元素聚类分析、因子分析结果,因子分布区较为准确的反映了研究区内区域地质构造及岩浆岩分布情况。断裂构造、花岗伟晶岩是研究区矿化最主要的成矿、控矿因素。

## 3　综合异常圈定及解译查证

综合分析研究区各元素异常空间上的分布特征、元素组合规律、套合情况以及异常所处的地质背景等因素,将空间上密切相伴、同源同成因的所有元素异常,归并为一个综合异常。将异常套合好、元素组合与矿产或地质体关系密切的多个单元素异常进行组合,对于全区中的单点异常以及异常元素组合差、成矿地质条件差的异常,进行选择性剔除,对个别分布面积较大的综合异常,根据地质条件及相互关联强弱情况,对其进行人为分割,根据一组或几组组合异常的集合表现圈定综合异常。研究区最终圈定了 14 个 1 ∶ 5 万水系沉积物化探综合异常(图 6)。

HS11-甲 2、HS13-乙 1、HS14-乙 1 三个以锂为主成矿元素的化探综合异常均分布在研究区东部,三个综合异常地理位置紧密比邻,异常特征相同的特征,下面仅以 HS11-甲 2 综合异常为例对异常进行解译:

HS11-甲 2-Sn、Bi、Li、W、Ag、Mo、As、Ni、Th、Co、Cr 综合异常异常面积约 32.5 km2,元素组合以 Li、Sn、Bi、W、Ag、Mo、As、Ni、Th、Co、Cr 为主,其中 Li、Sn、Bi、W 作为为异常主成矿元素或内带元素呈现连续性好,面状展布且套合规整,异常强度较高,浓集中心明显,为多浓集中心,主要指示区内以 Li、

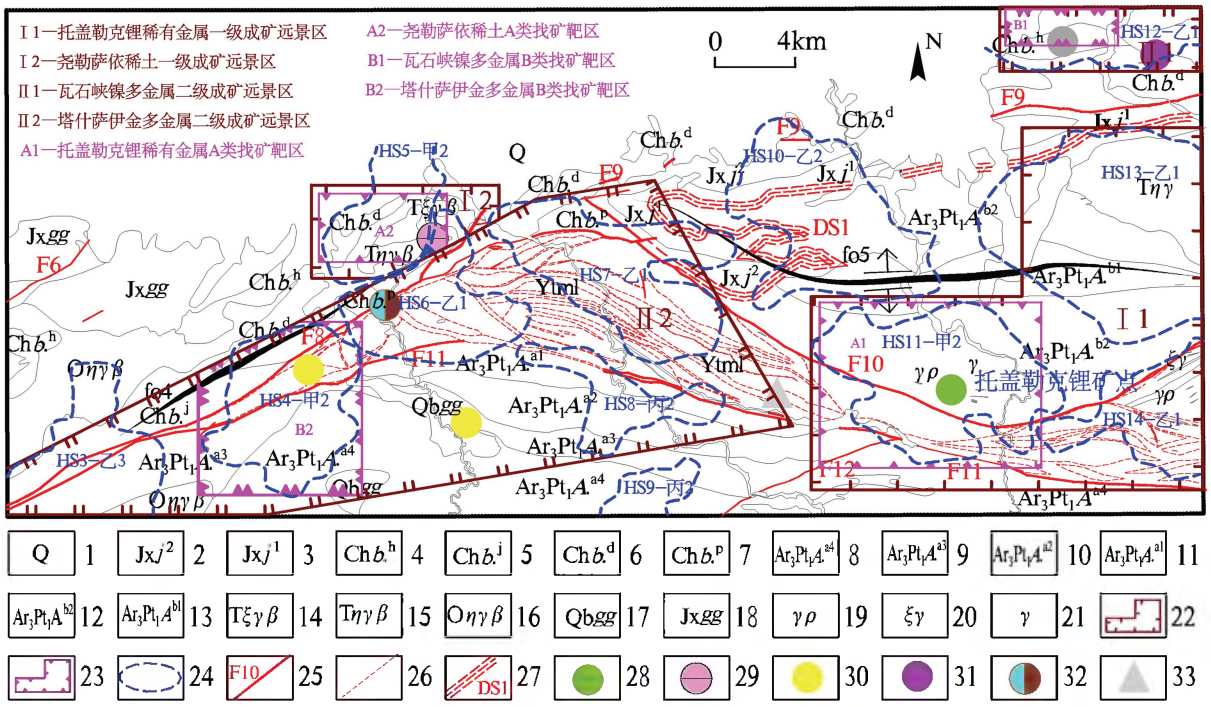



**图 6　新疆托克盖勒地区化探综合异常及找矿远景区分布图**(据陈培伟等,2019)

1—第四系;2—蓟县系金雁山组二段;3—蓟县系金雁山组一段;4—长城系贝壳滩岩组黑云斜长片麻岩段;5—长城系贝壳滩岩组角闪岩段;6—长城系贝壳滩岩组大理岩段;7—长城系贝壳滩岩组片岩段;8—太古—元古宇阿尔金岩群 a 岩组四岩段;9—太古—元古宇阿尔金岩群 a 岩组三岩段;10—太古—元古宇阿尔金岩群 a 岩组二岩段;11—太古—元古宇阿尔金岩群 a 岩组一岩段;12—太古—元古宇阿尔金岩群 b 岩组二岩段;13—太古—元古界阿尔金岩群 b 岩组一岩段;14—三叠纪花岗质伟晶岩;15—三叠纪细粒正长花岗岩;16—三叠纪黑云正长花岗岩;17—三叠纪黑云二长花岗岩;18—奥陶纪黑云二长花岗岩;19—青白口纪花岗质片麻岩;20—蓟县纪花岗质片麻岩;21—伟晶岩脉;22—成矿远景区;23—找矿靶区;24—综合异常;25—断裂及编号;26—糜棱岩化带;27—韧性剪切带;28—锂矿点;29—稀土矿点;30—金矿点;31—镍矿(化)点;32—铅锌矿点;33—砷矿点

**表 4　矿体厚度品位结果表**

| 矿体编号 | 工程编号 | 真厚/m | 品位 $Li_2O$/% | 平均厚度/m | 平均品位 $Li_2O$/% |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | TC14 | 2.95 | 1.08 | 7.34 | 1.08 |
| 1 | TC13 | 2.00 | 1.02 | 7.34 | 1.02 |
| 1 | TC10 | 17.06 | 1.07 | 7.34 | 1.07 |
| 2 | TC10 | 2.95 | 0.59 | 0.59 | 2.95 |
| 3 | TC10 | 2.82 | 0.87 | 0.87 | 2.82 |
| 4 | TC12 | 1.41 | 0.48 | 0.48 | 1.41 |

注:测试单位为河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院实验室。

Sn 等为主的锂稀有金属具有较强的矿化活动,具有较大的寻找与伟晶岩有关的 Li 等稀有金属矿产的潜力,为地表露头矿矿致异常特征。As、Ag 异常分布于综合异常外带,与主成矿元素形成高中低温套合关系,Ni、Co、Cr 异常在综合异常内均呈弱小散乱分布,显示主成矿元素剥蚀程度还较低,反向证明异常与花岗岩有成因关联。

经异常检查发现,异常区内发现较具规模的锂云母花岗伟晶岩脉 4 条(图 7),花岗伟晶岩脉矿物成分主要由长石和石英等矿物组成,其中长石,灰白色,粒状、板状,粒径 1~5 cm,含量 40%~50%。石英,灰白色,半透明粒状,粒径 1~3cm,含量 30~40%。岩石中局部发育有锂云母,浅红色,鳞片状,多呈团块状集合体形态。矿石(锂云母花岗伟晶岩)中的矿石矿物主要为锂云母、白云母,脉石矿物主要为石英、长石等。

1~4 号矿脉皆为以锂为主全脉矿化的矿体,各脉 $Li_2O$ 平均品位 0.48%~1.71%,主要工业矿物为锂辉石。经元素分析仪器测试,矿石中 Rb 含量普遍在 0.1%~0.6%,说明矿石中铷可能达到综合回

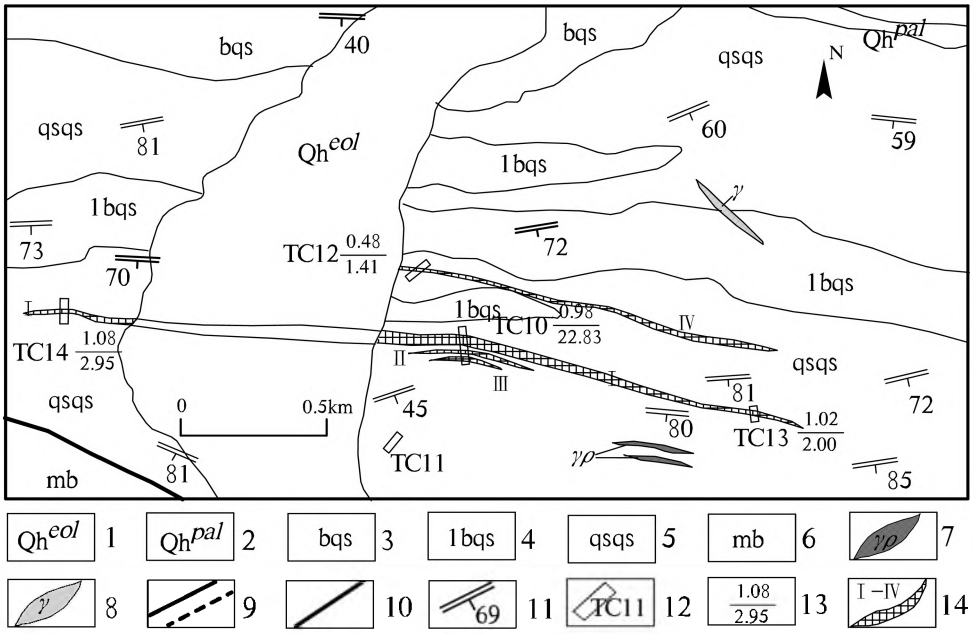



**图 7　托盖勒克锂矿点地质草图**(据陈培伟等,2019)

1—风积物;2—冲洪积物;3—黑云石英片岩;4—含团块黑云石英片岩;5—含石榴绢云石英片岩;6—大理岩;7—花岗伟晶岩脉;8—花岗岩脉;9—实测/推测地质界线;10—实测断层;11—岩层片理产状;12—探槽位置及编号;13—分析结果/总样长;14—锂矿体

收要求(表 4)。

Ⅰ号矿体呈大脉状分布于矿区中南部,东部出露较好,中西部被第四系覆盖;矿体地表特征明显,为锂云母伟晶岩脉,因锂云母不耐风化,地表云母呈灰白—灰色碎粉状,新鲜脉体则呈粉红—紫红色(图 7)。

Ⅰ号矿体走向延伸基本稳定,局部呈舒缓 S 形变曲;矿体内部矿化均一,结构简单,无夹石、无分支复合现象。矿体长 2.4 km,从露头分布地形上看,矿体分布最高标高 3070 m,最低标高 2590 m,即已观察到的矿体延深大于 400m,推测矿体延深大于 500 m。矿体由 TC13、TC10、TC14 共 3 个槽探工程控制,工程矿体厚度 2 ~ 17.06 m,工程平均厚度 7.34 m;工程矿体($Li_2O$)品位 1.02% ~ 1.08%,工程平均品位 1.07%(见表 1)。赋矿岩石为锂云母花岗质伟晶岩,全岩含矿,单样($Li_2O$)最高品位 1.71%,最低品位 0.62%,矿化较均匀。对 1 号矿体估算(334?)资源量,其矿石量为 1604 万 t,$Li_2O$ 资源量为 17.16 万吨,$Li_2O$ 平均品位 1.07%,单矿体资源量达大型规模。

Ⅱ号矿体分布于 1 号矿体中部南侧 10 m 处,呈脉状,矿体长 114 m,走向 96°,倾角近直立;2 号矿体内部结构简单,无夹石、无分支复合现象,推断矿体延深大于 50 m,矿体由 TC10 单工程控制,矿体厚度 2.95 m,$Li_2O$ 品位 0.59%,赋矿岩石为含锂云母花岗质伟晶岩,全岩含矿,矿化较均匀。达小型矿体规模。

Ⅲ号矿体分布于 2 号矿体南侧 8 m 处,呈脉状,长 91 m,走向 93°,倾角近直立;矿体内部结构简单,无夹石、无分支复合现象,推断矿体延深大于 40 m,矿体由 TC10 单工程控制,矿体厚度 7.34 m,$Li_2O$ 品位 0.87%,赋矿岩石为锂云母花岗质伟晶岩,全岩含矿,矿化较均匀达小型矿体规模。

Ⅳ号矿体分布于 1 号矿体东部北侧 250 m 处,西部被第四系覆盖,呈脉状,长 1347 m,西侧被第四系覆盖,走向 105°,倾角近直立;4 号矿体内部结构简单,无夹石、无分支复合现象;从露头分布地形上看,矿体分布最高标高 3160 m,最低标高 2538 m,即已观察到的矿体延深大于 500 m,推断矿体延深 600 m,矿体由 TC12 单工程控制,矿体厚度 1.41 m,$Li_2O$ 品位 0.48%,赋矿岩石为锂云母花岗质伟晶岩,全岩含矿,矿化较均匀达小型矿体规模。

## 4　成矿远景区优选

研究区内根据矿产分布规律,结合区内地、物、化、遥综合信息特征,并根据成矿条件有利程度,预测依据是否充分,资源潜力大小和矿体埋藏深度等因素,将区内划分出 4 个成矿远景区,其中 1∶5 万水系沉积物测量对远景区的划分起到最直观最重要的划分依据(徐云峰等,2018),托盖勒克萨依-瓦石峡锂稀有金属成矿远景区(Ⅰ1)即为研究区内优选出的成矿地球化学条件最具潜力的Ⅰ级成矿远景区(图 6)。该远景区位于研究区东部托盖勒克萨依-瓦石峡河一带,东西宽 13 km,南北长 13 km,面积约 148.31 $km^2$。1∶5 万化探成果显示区内分布有 HS11-甲 2、HS13-乙 2、HS14-乙 1 3 个以 W、Sn、Li、Bi 组合为主的综合异常,在其异常中心布设的地化剖面显示 Li 含量在 $700\times10^{-6}$~$3000\times10^{-6}$之间,均为伟晶岩脉引起的矿致异常,其中 HS11-甲 2 已发现托盖勒克锂矿点,成矿条件极好。

出露地层主要有阿尔金岩群 a 岩组第 3、4 岩段,b 岩组以及英格里克强变形带;岩性较复杂,a 岩组为一套碎屑岩夹火山岩及碳酸盐岩建造,b 岩组为一套碎屑岩建造,英格里克强变形带主要为碳酸盐岩、碎屑岩、火山岩等。区内岩浆活动频繁、强烈,远景区东侧见有三叠纪花岗岩,南侧见电气石白云母伟晶岩,脉岩较发育,主要有锂云母伟晶岩脉、含锂云母长英质伟晶岩脉、含绿柱石电气石伟晶岩脉,规模较大。伟晶岩脉为锂稀有金属矿产的主要载体(陈培伟等,2019)。区域性断裂构造发育,F10、F11 为阿尔金岩群与英格里克构造混杂岩带的边界断裂,区外北侧发育有区域性断裂 F9;区域构造的次级断裂、裂隙为伟晶岩脉的上侵就位提供通道及空间,伟晶岩脉产状与区域性断裂及其次级构造产状基本一致。远景区内据 1∶25 万的重力航磁资料,显示远景区位于区域性断裂附近。

新发现的有托盖勒克锂矿点,位于远景区西部,锂矿体受锂云母伟晶岩脉控制,矿点处伟晶岩脉侵位地层为阿尔金岩群 b 岩组,区域上伟晶岩脉的分布对地层选择性不强,在英格里克强变形带及三叠纪花岗岩内均见伟晶岩脉发育,矿点处伟晶岩脉规模大,含矿性好。以寻找伟晶岩型锂稀有金属矿产为主,与其他伟晶岩型锂矿相比,矿床特征类似,资源潜力较大,通过对托盖勒克锂矿点 1 号矿体估算(334)? 资源量,其矿石量为 1604 万 t,$Li_2O$ 资源量为 17.16 万 t,$Li_2O$ 平均品位 1.07%,达大型锂矿床规模。通过总结找矿经验和综合研究,进一步开展地质勘查工作有希望取得更大找矿突破。

位于远景区内的托盖勒克锂稀有金属找矿靶区(A1)内地表已发现大型规模的锂矿体,化探异常与伟晶岩脉关系密切,成矿条件极好(周兵等,2011),找矿标志明确,找矿潜力极大,通过进一步工作有望成为锂稀有金属大型矿产基地。

## 5　结论

本文通过对阿尔金北缘托盖勒克地区 1∶5 万水系沉积物地球化学特征的综合研究,认为该区 Li 等稀有金属元素富集规律明显,异常间叠合性较强,且与已发现的矿点分布特征吻合,可作为该区找矿的主攻矿种,具有极佳的找矿前景,且异常在研究区东部未封闭,外围仍有较大找矿空间。经初步查证的托盖勒克找矿远景区内的单矿体资源量已达到了大型规模,远景区具有形成超大型锂稀有金属矿成矿前景,资源潜力十分可观。

### 参考文献

陈培伟,芦西战,何鹏,等.2019.新疆阿尔金北缘拜什托格拉克一带 1∶5 万 J45E011012、J45E011013、J45E011014 三幅区域地质矿产调查.报告[R].郑州:河南省地质矿产勘查开发局第二地质勘查院,1-227.

龚正,李海兵,孙知明,刘栋梁,潘家伟,韩亮,吴蝉.2013.阿尔金断裂带中侏罗世走滑活动及其断裂规模的探讨——来自软沉积物变形的证据[J].岩石学报, 29(6):2233-2250.

吴玉,陈正乐,陈柏林,王永,孟令通,何江涛,韩梅梅,王斌.2016.阿尔金北缘脆—韧性剪切带内变形闪长岩的年代学、地球化学特征及其对北阿尔金早古生代构造演化的指示[J].岩石学报,32(2):555-570.

伍跃中.2008.阿尔金山的构造归属及其构造运动特征[J].地球科学与环境学报,(2):111-117.

徐云峰,王显锋,胡朝云,秦宇龙,周雪梅.2018.四川甲基卡地区 1∶5 万水系沉积物地球化学特征及稀有金属找矿远景[J].金属矿山,(2):121-129.

许志琴,杨经绥,张建新,姜枚,李海兵,周雪梅.1999.阿尔金断裂两侧构造单元的对比及岩石圈剪切机制[J].地质学报,(03):193-205.

张建新,李怀坤,孟繁聪,相振群,于胜尧,李金平.2011.塔里木盆地东南缘(阿尔金山)"变质基底"记录的多期构造热事件:锆石 U-Pb 年代学的制约[J].岩石学报,27(1):23-46.

周兵,孙义选,孔德懿.2011.新疆大红柳滩地区稀有金属矿成矿地质特征及找矿前景[J].四川地质学报,31(3):288-292.

周勇,潘裕生.1999.阿尔金断裂早期走滑运动方向及其活动时间探　　讨[J].地质论评,(1):1-9.

# Geochemical characteristics 1 : 50000 stream sediment survey and its prospects of lithium deposits in Togelek, Xinjiang

BAN Yihong, TU Liangquan, LU Xizhan, LI Fubin, AN Jinliang

(*No.2 Geological Exploration Institute, Henan Bureau of Geology and Minaral Resources Exploration, Zhengzhou* 451464)

**Abstract**: China is the world's largest consumer of lithium resources, but its supply capacity is weak and its dependence on foreign countries is as high as 80%. Relevant government departments attach great importance to the exploration of lithium resources. In 2016-2018, the second Institute of geological exploration of Henan province carried out the geochemical exploration work in togalek, Xinjiang. Three comprehensive geochemical anomalies with Li as the main ore-forming element were delineated. Through the verification of the trenching project, the tongalek lithium ore spot with huge resource potential was found. Through the comprehensive processing and analysis of the geochemical test data in the study area, the author summarizes the geochemical characteristics of the area and the prospect of lithium exploration. At present, there are 4 surface mineralized bodies found in the vein of lepidolite pegmatite. It is estimated that the deposit has reached a large scale in rough steps, and it has the prospect of forming super large rare lithium polymetallic ore.

**Key words**: lithium deposit, stream sediment survey, abnormal interpretation, prospecting prospect, prospecting potential, Xinjiang