DOI: 10.16539/j.ddgzyckx.2017.06.005

卷(Volume)41, 期(Number)6, 总(SUM)161
页(Pages)1053~1062, 2017, 12(December, 2017)

大地构造与成矿学
Geotectonica et Metallogenia

新疆和田县白龙山超大型伟晶岩型锂铷多金属矿床的发现及其意义

王　核[1], 李　沛[1,2], 马华东[3], 朱炳玉[3], 邱　林[3], 张晓宇[1,2], 董　瑞[1,2], 周楷麟[1,2], 王　敏[1], 王　茜[1], 闫庆贺[1,2], 魏小鹏[1,2], 何　斌[1], 卢　鸿[1], 高　昊[1,2]

(1.中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 2.中国科学院大学, 北京 100049; 3.新疆国家 305 项目办公室, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘　要: 西昆仑-喀喇昆仑位于特提斯构造域北缘, 该地区通过多年的基础地质调查和找矿勘查, 已在铁矿、铅锌矿、锰矿等找矿方面实现了重大突破。项目组最近三年通过多次野外勘查、系统取样与室内化验分析, 确认在新疆和田县喀喇昆仑腹地白龙山新发现了一处超大型锂铷多金属矿床。该矿床为花岗伟晶岩型, 目前已确定含矿伟晶岩墙规模为长度>3750 m, 宽度 46~165 m, 其中 I 号矿带由 3 个巨大矿体组成, 长 990~1230 m, 厚 61.86~115.85 m, 走向 110°~120°, 倾角 65°~80°。3 个主矿体 Li_2O 平均品位 1.26%~1.60%, Rb_2O 平均品位 0.10%~0.12%, 估算 334 资源量 Li_2O 为 345.7647 万吨, Rb_2O 为 17.682 万吨, 达到超大型规模, 有望成为一个世界级规模的巨型锂矿床。白龙山超大型锂铷多金属矿床的发现, 为整个西昆仑-喀喇昆仑地区稀有金属矿产找矿实现了重大突破, 对喀喇昆仑锂稀有金属成矿带的确立奠定了坚实的基础, 使该地区有望成为我国一个新的重要的锂资源基地。

关键词: 白龙山锂铷多金属矿床; 伟晶岩; 找矿意义; 西昆仑-喀喇昆仑

中图分类号: P612　　文献标志码: A　　文章编号: 1001-1552(2017)06-1053-010

0　引　言

横亘于青藏高原西北缘的西昆仑-喀喇昆仑造山带位于特提斯构造域北缘, 具有演化历史漫长、构造复杂的特点(肖序常等, 1990; 潘裕生, 1990, 1994; 肖文交等, 2000; 潘桂棠等, 2001, 2002; 李荣社等, 2004, 2007, 2008a, 2008b; 计文化, 2005; 计文化等, 2007; 张传林等, 2007; 董连慧等, 2010; Zhang et al., 2011; Bershaw et al., 2012)。西昆仑地区是欧亚大陆重要的铁、铜、铅锌以及稀有金属富集区之一, 资源潜力巨大(孙海田等, 2003; 董永观等, 2003)。该区在我国境内近年发现的金属矿床有: (1)大型沉积变质型铁矿床, 如赞坎、莫喀尔、切列克其、老并、南屏雪山、阿克萨依等(王核等, 2011; 陈曹军等, 2011; 冯昌荣等, 2012; 燕长海等, 2012; 陈登辉等, 2013; 陈勇等, 2013; 任广利等, 2013; 饶东平等,

收稿日期: 2017-09-30; 改回日期: 2017-10-12

项目资助: 国家十二五科技支撑项目"新疆南部三地州优势矿产预测评价关键技术研究"子课题"黑恰-大红柳滩铁铅锌多金属成矿条件与找矿远景预测"(2015BAB05B03)及中国科学院广州地球化学研究所 135 项目"青藏高原中北部新生代板内造山与成矿"(135TP201601)联合资助。

第一作者简介: 王核(1966–), 研究员, 博士生导师, 主要从事成矿预测方面研究。Email: wanghe@gig.ac.cn

2013; 黄朝阳, 2014; 张德贤等, 2016; 张连昌等, 2016; 胡军等, 2016; Hu et al., 2016); (2)大型层控型铅锌矿床, 如塔木、卡兰古、火烧云、萨岔口等(董连慧等, 2015); (3)大型沉积型锰矿床, 如奥尔托喀讷什、玛尔坎苏等(王核等, 2015); (4)斑岩型铜、钼矿床, 如喀拉果如木、赫勒瓦特、夏麦兹等(王核等, 2008, 2010; 吴玉峰等, 2013)。众多金属矿床的发现, 使得西昆仑–喀喇昆仑地区已成为我国新的战略资源接替与储备基地。

西昆仑-喀喇昆仑地区中生代花岗伟晶岩相当发育, 是新疆重要的伟晶岩成矿带。花岗伟晶岩中产出含白云母和锂铍(铌钽)稀有金属矿床, 如已达中型规模的大红柳滩锂铍(铌钽)矿床(周兵等, 2011; Yan et al., 2016)。最近, 我们项目组在国家 305 项目办的支持下, 在距离大红柳滩 15 km 的白龙山, 通过近三年的地质调查、野外填图和地表取样工作, 初步圈定出一条长大于 3750 m、宽 46~165 m 的含锂辉石矿伟晶岩墙。在该伟晶岩墙内圈出 3 个矿体, 长 990~1230 m, 厚 61.86~115.85 m, Li_2O 平均品位 1.26%~1.60%。矿体品位高, 规模宏大, 初步估算矿区 334 资源量 Li_2O 为 345.7647 万吨, Rb_2O 为 17.682 万吨, 完全有望成为一个世界级的巨型矿床。本文对白龙山锂铷多金属矿床的地质特征、矿物组合、矿石组构、找矿标志给予初步报道, 并对矿床成因提出了初步认识。

1 地质背景

西昆仑-喀喇昆仑造山带构造复杂, 总体呈 NW-SE 走向的巨型反“S”状展布, 其构造演化与原特提斯和古特提斯洋俯冲、早古生代-早中生代塔里木与南昆仑地块碰撞、中生代印度板块和亚洲板块碰撞的远程效应相关(Matte et al., 1992, 1996; Yang et al., 1996; Mattern and Schneider, 2000; Yin and Harrison, 2000; Xiao et al., 2001, 2002a, 2002b, 2005; Wang, 2004; Jiang et al., 2005, 2008, 2013)。同时, 新生代高原的隆升和帕米尔构造节的形成, 使该区地质变得更为复杂(Burtman and Tien, 2010)。

白龙山锂铷多金属矿床位于和田县城西南方向约 175 km, 构造位置上处于甜水海地块东段, 麻扎-康西瓦缝合带以南, 乔尔天山-红山湖缝合带以北。区域出露地层主要有震旦系甜水海岩群, 为一套滨浅海相低绿片岩相, 岩性主要为硬绿泥千枚岩、片理化泥质板岩、绿泥钙质片岩夹片理化粉砂岩、大理岩、白云岩(Hu et al., 2016); 寒武系甜水湖组为灰黑色炭质板岩、炭质粉砂岩、片理化细晶白云岩夹灰岩; 下志留统温泉沟组为灰绿-浅灰色中厚层中粒长石石英砂岩夹粉砂及黑色薄层硅质岩, 局部夹英安岩; 三叠系巴颜喀拉山群为灰色中-厚层状变细粒长石石英砂岩夹石英粉砂岩、绢云母石英板岩。区域地层整体呈单斜产出, 构造变形褶皱作用较为突出, 晚古生代地层组成一系列线状紧闭褶皱。主要断裂有 5 条, 分别为: 康西瓦断裂、红柳滩断裂、哈巴克达坂断裂、泉水沟断裂、肖尔克谷地断裂, 其中康西瓦断裂为区域性大断裂, 严格控制着该区地层及岩浆岩的展布方向。各地层单元之间大都为断层接触, 片理、节理较为发育, 共同构成巨大的近东西向的构造隆起带。出露岩体为加里东期灰白色中粒黑云母二长花岗岩、浅肉红-灰白色中细粒黑云母二长花岗岩, 燕山期灰白色中细粒黑云母二长花岗岩、浅灰色中细粒角闪黑云母花岗闪长岩等。区域变质作用普遍发育, 主要为动力变质作用和接触变质作用, 动力变质作用沿区域内断裂带分布, 其中区域性大断裂多形成以片理化岩石为主的韧性动力变质岩; 热接触变质作用表现在区域中部的加里东期二长花岗岩侵入震旦纪地层, 形成了明显的接触变质晕。

2 矿床地质特征

2.1 矿区地质特征

2.1.1 地 层

矿区出露地层较为简单, 主要为中生界中上三叠统巴颜喀拉山群变质岩和第四系冰川、松散堆积物。巴颜喀拉山群主要岩性为灰绿色变砂岩和灰-深灰色二云母石英片岩, 地层产状倾向 15°~35°, 倾角一般在 65°~75°之间。变质程度较低, 属绿片岩相。矿区内含锂辉石伟晶岩脉产于该层位的变砂岩层中。

2.1.2 构 造

矿区主要呈单斜构造, 但片理和节理比较发育。

2.1.3 岩浆岩

矿区岩浆岩较发育, 在南部广泛发育细粒花岗闪长岩, 北西部见白云母细粒花岗岩。

灰黑色花岗闪长岩: 为区域上一大的花岗闪长岩岩基, 角闪石最高含量达 25%, 石英含量 5%~8%, 长石达 60%, 黑云母约 7%。根据野外观察, 角闪石含量变化很大。花岗闪长岩中发育大量含电气石云

母的伟晶岩脉, 岩脉中较少含锂辉石。

灰白色白云母花岗岩: 具细粒花岗结构, 块状构造, 斜长石含量 55%~75%, 石英 25%~35%, 白云母 5%~10%, 黑云母 3%~5%。

矿区岩脉类型主要为花岗伟晶岩, 共见有大小不同的花岗伟晶岩脉百余条及数百个含锂辉石伟晶岩透镜体, 其中含矿花岗伟晶岩脉 20 余条, 各脉体走向主要呈 NW-SE 向, 个别呈 NE-SW 向。除主含矿伟晶岩岩墙长大于 3750 m, 宽 46~165 m, 其他伟晶岩脉长度 50~800 m, 宽 1.5~80 m 不等。

花岗伟晶岩脉与围岩之间界线清楚, 倾角一般在 65°~80°之间, 个别近乎直立。同一岩脉之顶底板产状基本一致。伟晶岩形态一般呈较规则的脉状体或透镜状, 部分具膨胀收缩现象。

花岗伟晶岩以中−粗粒结构为主, 可见伟晶岩相花岗结构、半花岗岩相的伟晶岩结构、文象结构、准文像结构、细粒伟晶岩结构、中粒伟晶岩结构、粗粒伟晶岩结构、石英(核)锂辉石结构、石英长石锂辉石结构。

含矿伟晶岩主要造岩矿物为石英、长石、锂辉石, 其次为白云母、绿云母、电气石等, 局部偶见极少量的绿柱石。

2.1.4　变质作用

矿区内区域变质作用普遍发育, 变质程度达低绿片岩相, 变质矿物组合为石英+斜长石+白云母+黑云母+红柱石。接触变质作用主要发生在侵入岩体与变砂岩的接触部位, 形成角岩化, 以绿帘石化、绿泥石化为主。

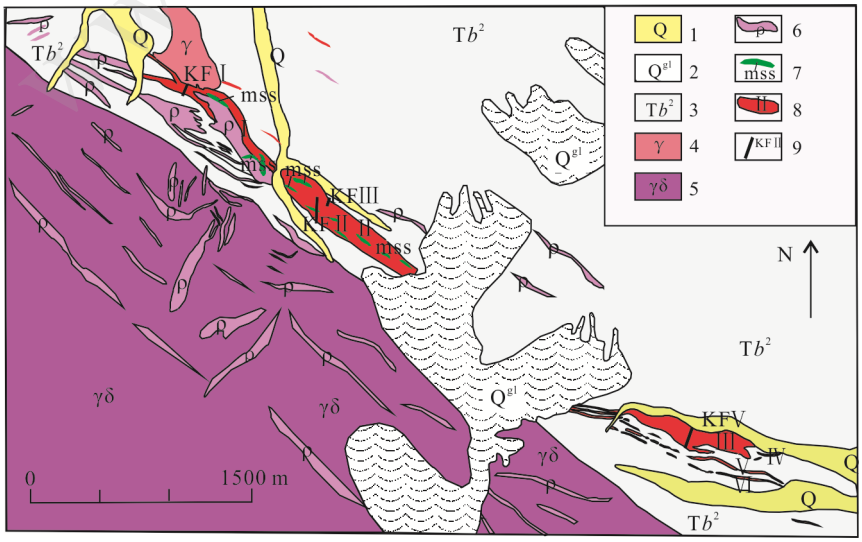
2.2　矿体特征

矿区主要出露一条长约 3750 m(不包括 1500 m 长的积雪覆盖), 宽度 46~165 m 的含锂辉石伟晶岩墙(图 1), 总体产状 10°~20°∠66°~75°。沿这条含锂辉石伟晶岩墙目前圈出 3 条规模巨大的矿体(图 2a), 在岩墙南北两侧, 还圈定了十余条规模较小的锂矿体。分别对 I、II、III、IV 号矿体进行了系统采样, 并预测了资源量(表 1)。样品分析在新疆维吾尔自治区有色地质勘查局测试中心完成, Li_2O 采用 ICP-电感耦合等离子光谱仪测试完成, Rb_2O 采用电感耦合等离子质谱仪测试完成。

主要矿体描述如下:

I 号矿体: 位于矿区西部, 呈 NWW-SEE 走向。矿化体(图 2a)地表出露长约 1230 m, 宽度 46~77.73 m, 采样控制厚度 61.86 m。经地表 2 条连续刻线控制, 取样分析 Li_2O 品位为 0.4%~2.63%, 平均为 1.26%, Rb_2O 品位为 0.04%~0.199%, 平均为 0.1%(表 1、2)。预测 334 资源量 Li_2O 为 51.7701 万吨, Rb_2O 为 4.1087 万吨。

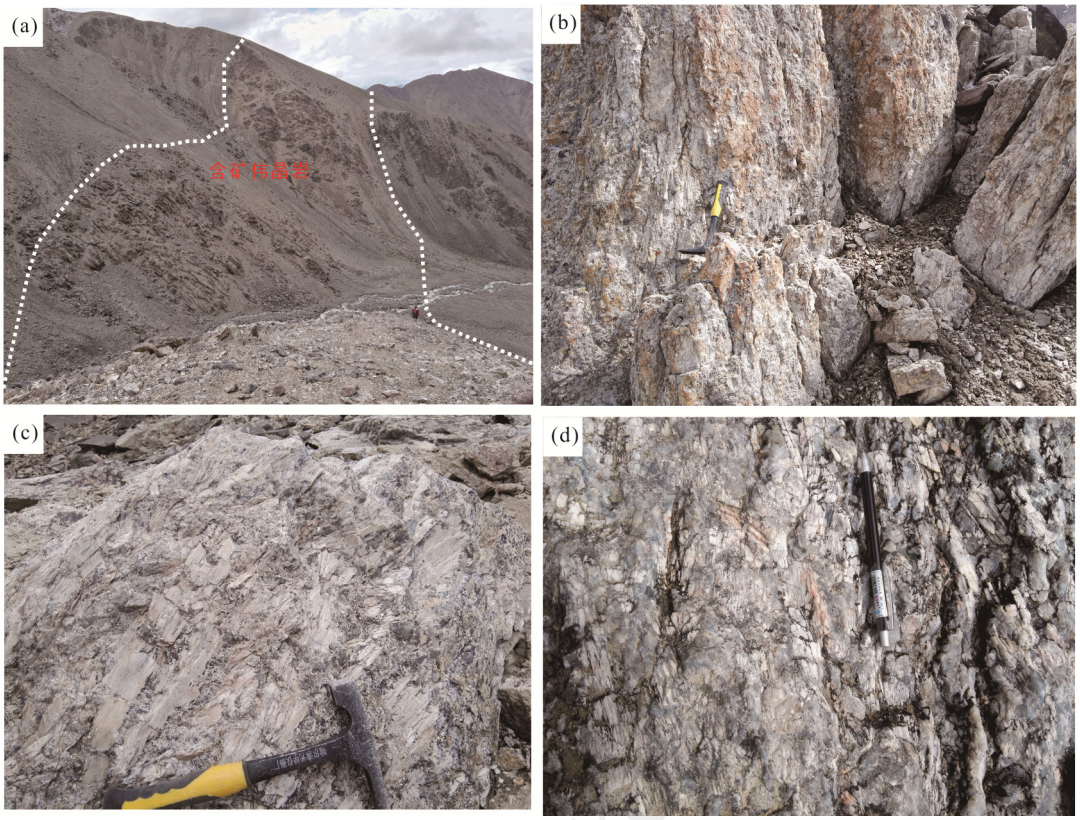
II 号矿体: 位于矿区中部, 呈 NWW-SEE 走向。矿化体(图 2b)地表出露长约 1220 m, 宽度 81~152 m, 采样控制厚度 115.85 m。经地表连续刻线控制, 取样分析 Li_2O 品位为 0.4%~4.91%, 平均为 1.47%, Rb_2O 品位为 0.04%~0.24%(表 1、3), 平均为 0.12%。预测 334 资源量 Li_2O 为 168.29 万吨, Rb_2O 为 13.738 万吨。



1. 第四系冲洪积物; 2. 第四系冰川及冰碛物; 3. 三叠系巴颜喀拉群变砂岩、片岩; 4. 二云母花岗岩; 5. 花岗闪长岩; 6. 伟晶岩; 7. 变砂岩捕掳体; 8. 锂矿体; 9. 取样线位置及编号。

图 1　喀喇昆仑白龙山锂铷矿床主要矿体地质简图

Fig.1　Geological schematic map of the main ore-bodies in the Bailongshan lithium-rubidium deposit, Karakorum



(a) I 号矿体伟晶岩远景; (b) 含矿伟晶岩; (c) 富锂辉石伟晶岩; (d) 锂辉石与石英共生。

图 2 白龙山锂铷矿床野外照片

Fig.2 Field photographs of the Bailongshan lithium-rubidium deposit

表 1 白龙山锂铷矿床主要矿体一览表

Table 1 Main ore bodies in the Bailongshan lithium-rubidium deposit

矿体编号	长度(m)	厚度(m)	推测深度(m)	Li_2O品位(%)		Rb_2O品位(%)		334资源量(万吨)	
				品位	平均	品位	平均	Li_2O	Rb_2O
Ⅰ	1230	61.86	200	0.4~2.63	1.26	0.04~0.199	0.1	51.7701	4.1087
Ⅱ	1220	115.85	300	0.4~4.91	1.47	0.04~0.24	0.12	168.29	13.738
Ⅲ	990	97.96	300	0.54~2.88	1.60			125.6866	
合计								345.7647	17.8467

表 2 I 号矿体取样分析结果(%)

Table 2 Analysis results (%) of the I ore body in the Bailongshan lithium-rubidium deposit

样品号	分析项目		样品号	分析项目		样品号	分析项目	
	Li_2O	Rb_2O		Li_2O	Rb_2O		Li_2O	Rb_2O
KFI-1	0.15	0.022	KFI-16	1.78	0.129	KFI-31	2.78	0.091
KFI-2	1.88	0.088	KFI-17	0.09	0.144	KFI-32	1.91	0.073
KFI-3	1.12	0.097	KFI-18	0.63	0.116	KFI-33	2.60	0.052
KFI-4	1.20	0.138	KFI-19	0.28	0.065	KFI-34	1.97	0.076
KFI-5	1.75	0.074	KFI-20	1.03	0.096	KFI-35	2.11	0.055
KFI-6	1.22	0.093	KFI-21	2.18	0.061	KFI-36	0.74	0.155
KFI-7	2.13	0.199	KFI-22	1.59	0.069	KFI-37	0.78	0.093
KFI-8	0.36	0.149	KFI-23	1.12	0.105	KFI-38	0.52	0.127
KFI-9	1.65	0.096	KFI-24	2.50	0.082	KFI-39	0.56	0.073
KFI-10	2.24	0.106	KFI-25	1.48	0.097	KFI-40	1.53	0.091
KFI-11	1.23	0.085	KFI-26	0.96	0.092	KFI-41	0.99	0.075
KFI-12	0.38	0.132	KFI-27	1.21	0.059	KFI-42	1.15	0.087
KFI-13	1.01	0.103	KFI-28	0.24	0.075	KFI-43	2.63	0.067
KFI-14	0.14	0.099	KFI-29	0.17	0.101	KFI-44	0.13	0.041
KFI-15	0.84	0.099	KFI-30	0.15	0.084			

表 3　II 号矿体取样分析结果(%)

Table 3　Analysis results (%) of the II ore body in the Bailongshan lithium-rubidium deposit

样品号	分析项目		样品号	分析项目		样品号	分析项目	
	Li_2O	Rb_2O		Li_2O	Rb_2O		Li_2O	Rb_2O
KFⅡ-1	0.56	0.189	KFⅡ-29	3.26	0.022	KFⅢ-3	1.64	
KFⅡ-2	0.14	0.131	KFⅡ-30	1.54	0.122	KFⅢ-4	1.95	
KFⅡ-3	0.19	0.153	KFⅡ-31	2.00	0.065	KFⅢ-5	1.13	
KFⅡ-4	4.91	0.058	KFⅡ-32	1.69	0.108	KFⅢ-6	1.76	
KFⅡ-5	0.54	0.237	KFⅡ-33	0.27	0.123	KFⅢ-7	1.81	
KFⅡ-6	2.98	0.100	KFⅡ-34	0.11	0.148	KFⅢ-8	1.23	
KFⅡ-7	1.38	0.201	KFⅡ-35	1.19	0.088	KFⅢ-9	1.76	
KFⅡ-8	1.26	0.092	KFⅡ-36	0.36	0.080	KFⅢ-10	2.22	
KFⅡ-9	0.69	0.079	KFⅡ-37	0.35	0.125	KFⅢ-11	1.45	
KFⅡ-10	0.93	0.274	KFⅡ-38	3.01	0.028	KFⅢ-12	1.53	
KFⅡ-11	2.07	0.125	KFⅡ-39	2.04	0.062	KFⅢ-13	1.50	
KFⅡ-12	0.66	0.208	KFⅡ-40	1.58	0.110	KFⅢ-14	1.73	
KFⅡ-13	2.53	0.070	KFⅡ-41	0.68	0.141	KFⅢ-15	1.52	
KFⅡ-14	1.61	0.132	KFⅡ-42	1.12	0.058	KFⅢ-16	3.28	
KFⅡ-15	0.32	0.151	KFⅡ-43	1.63	0.211	KFⅢ-17	1.62	
KFⅡ-16	0.12	0.110	KFⅡ-44	2.69	0.036	KFⅢ-18	1.98	
KFⅡ-17	2.30	0.082	KFⅡ-45	3.44	0.057	KFⅢ-19	0.30	
KFⅡ-18	1.81	0.162	KFⅡ-46	2.38	0.065	KFⅢ-20	1.71	
KFⅡ-19	2.15	0.107	KFⅡ-47	0.10	0.196	KFⅢ-21	1.12	
KFⅡ-20	1.10	0.139	KFⅡ-48	0.46	0.284	KFⅢ-22	0.67	
KFⅡ-21	0.92	0.155	KFⅡ-49	2.34	0.042	KFⅢ-23	0.54	
KFⅡ-22	0.12	0.029	KFⅡ-50	2.20	0.093	KFⅢ-24	2.50	
KFⅡ-23	0.43	0.090	KFⅡ-51	1.81	0.118	KFⅢ-25	2.38	
KFⅡ-24	0.78	0.080	KFⅡ-52	0.31	0.223	KFⅢ-26	3.53	
KFⅡ-25	1.91	0.074	KFⅡ-53	2.27	0.071	KFⅢ-27	1.53	
KFⅡ-26	0.96	0.141	KFⅡ-54	0.28	0.028	KFⅢ-28	0.91	
KFⅡ-27	2.00	0.070	KFⅢ-1	0.18		KFⅢ-29	1.00	
KFⅡ-28	0.71	0.156	KFⅢ-2	2.12		KFⅢ-30	0.43	

III 号矿体: 位于矿区东部, 呈 NWW-SEE 走向。矿化体地表出露长约 990 m, 宽度 60~152 m, 采样控制厚度 97.96 m。经地表连续刻线控制, 取样分析 Li_2O 品位为 0.54%~2.88%(表 1、4), 平均为 1.60%。预测 334 资源量 Li_2O 为 125.6866 万吨。

IV 号矿体: 位于矿区东部, 呈 NWW-SEE 走向的小伟晶岩脉。矿化体地表出露长约 150 m, 宽度 9 m。经地表连续刻线控制, 取样分析 Li_2O 品位为 2.18~2.79%, 平均为 2.56%。

V 号矿化体: 位于矿区东部, 呈 NWW-SEE 走向的小伟晶岩脉。矿化体地表出露长约 660 m, 地表宽 6~29 m, 采样控制厚度 9.5 m。经地表拣块取样分析 Li_2O 品位为 3.47%。

VI 号矿化体: 位于矿区东部, 呈 NWW-SEE 走向的小伟晶岩脉。矿化体地表出露长约 480 m, 宽度 5 m。经地表拣块取样分析 Li_2O 品位为 2.54%。

2.3　矿石结构构造

主要矿石矿物为锂辉石, 呈淡灰色、灰色, 多呈粗大的板状晶体穿入石英及长石之间(图 2c、d), 少量为细晶状、雏晶板状晶体, 晶体粒度小者一般在 1~3 cm×2.5 mm, 大者达 15~25 cm×10 cm, 硬度大, 比重中等, 解理发育, 其中部分锂辉石中有石英包裹体。

2.3.1　矿石结构

矿区的伟晶岩矿脉矿石中主要见细粒伟晶结构、中粗粒伟晶结构、滴状结构等。其中以中粗粒结构含矿最为富集。

www.dqzyckx.com

表 4 III 号矿体取样分析结果(%)

Table 4 Analysis results (%) of the III ore body in the Bailongshan lithium-rubidium deposit

样品号	Li_2O	样品号	Li_2O	样品号	Li_2O	样品号	Li_2O
KFⅤ-1	0.12	KFⅤ-16	1.13	KFⅤ-31	1.37	KFⅤ-46	1.24
KFⅤ-2	2.14	KFⅤ-17	2.32	KFⅤ-32	0.89	KFⅤ-47	2.16
KFⅤ-3	2.25	KFⅤ-18	0.82	KFⅤ-33	2.02	KFⅤ-48	0.88
KFⅤ-4	0.54	KFⅤ-19	1.10	KFⅤ-34	1.93	KFⅤ-49	1.55
KFⅤ-5	1.07	KFⅤ-20	2.04	KFⅤ-35	1.75	KFⅤ-50	1.31
KFⅤ-6	1.13	KFⅤ-21	1.04	KFⅤ-36	1.79	KFⅤ-51	1.86
KFⅤ-7	1.44	KFⅤ-22	3.58	KFⅤ-37	0.98	KFⅤ-52	2.83
KFⅤ-8	0.66	KFⅤ-23	1.31	KFⅤ-38	1.42	KFⅤ-53	2.08
KFⅤ-9	1.17	KFⅤ-24	1.62	KFⅤ-39	1.27	KFⅤ-54	1.91
KFⅤ-10	0.96	KFⅤ-25	1.23	KFⅤ-40	2.88	KFⅤ-55	1.86
KFⅤ-11	2.28	KFⅤ-26	1.90	KFⅤ-41	KFⅤ-41	KFⅤ-56	1.49
KFⅤ-12	1.73	KFⅤ-27	1.22	KFⅤ-42	KFⅤ-42	KFⅤ-57	2.31
KFⅤ-13	1.96	KFⅤ-28	1.70	KFⅤ-43	KFⅤ-43	KFⅤ-58	2.23
KFⅤ-14	1.51	KFⅤ-29	1.64	KFⅤ-44	KFⅤ-44	KFⅤ-59	0.18
KFⅤ-15	0.67	KFⅤ-30	0.85	KFⅤ-45	KFⅤ-45		

(1) 中粗粒伟晶结构: 矿物粒径 1~10 cm, 半自形中粗粒变余伟晶结构, 块状构造, 由 45%~50%的长石, 15%~30%的石英, 3%~30%的锂辉石, <3%的白云母, 有时有锡石、铌钽铁矿等组成, 为含锂辉石的重要结构。

(2) 细粒伟晶结构: 矿物粒径 0.5~1 cm, 半自形柱状结构, 由 90%的长石、3%的磷铝石、3%的石英、3%的白云母, 少量绢云母组成。

(3) 滴状结构: 钽铌矿物呈细小的滴状沿钠长石带中的裂隙或孔隙分布。

2.3.2 矿石构造

矿石构造较简单, 主要为条带状构造、块状构造。

(1) 条带状构造: 锂辉石、电气石等呈条带状分布于花岗伟晶岩中。

(2) 块状构造: 锂辉石等颗粒分布于斜长石或钾长石颗粒间或夹杂少量细粒石英、长石充填分布于岩石的裂隙中。

3 矿床成因浅析

白龙山锂铷多金属矿床位于甜水海地块, 是一个超大型的 Li、Rb 矿床。矿体赋存在花岗伟晶岩内, 属于典型的花岗伟晶岩型矿床。大红柳滩一带伟晶岩的形成与康西瓦-麻扎缝合带的演化有着密切的关系。越来越多的证据显示康西瓦-麻扎缝合带的形成时间早于 220 Ma, 这与大红柳滩一带伟晶岩的形成时间及指示的造山后背景是一致的。按照 Černý (1991), Černý and Erict (2005)的分类, 白龙山锂铷多金属矿床应属于 LCT 型伟晶岩矿床。前人通过总结大量 LCT 型伟晶岩的形成时代, 认为伟晶岩多形成于构造未定的阶段(造山后-非造山)环境(Černý and Erict, 2005), 这种环境有利于伟晶岩热液中成矿元素的富集。大红柳滩地区进入造山后伸展阶段, 会导致下地壳部分熔融形成大红柳滩一带 S 型花岗岩, 花岗岩或花岗岩岩浆房演化到后期, 残余岩浆热液逐渐富集成矿元素, 最终形成了白龙山超大型伟晶岩型稀有金属矿床。有研究认为甜水海地块可以与松潘-甘孜地块相连(王登红等, 2004), 这样的话白龙山伟晶岩矿床与四川省的甲基卡超大型伟晶岩矿床应该形成于相同的构造背景, 显示出白龙山伟晶岩有着极好的成矿环境和巨大的找矿潜力。

4 找矿标志及找矿意义

4.1 找矿标志

(1) 色调标志: 伟晶岩的露头是最直接的找矿标志, 矿(化)体从远处看呈灰白色、灰黄白色, 近看呈白色。

(2) 地层标志: 矿体主要产于三叠系中、上统巴颜喀拉山群灰绿色变砂岩和灰-深灰色二云母石英片岩中, 其中在灰绿色变砂岩中产出的矿体规模较大, 延伸稳定; 在二云母石英片岩中由于极易形成韧性剪切带, 伟晶岩多呈规模较小的脉状或密集的透镜体组成的脉群带。

www.dgzykx.com

(3) 构造标志: 次级断层、层间断层, 尤其是韧性剪切带通过的地段, 有利于伟晶岩的贯入和成矿。

(4) 岩石标志: 本区含矿伟晶岩具有细粒结构、中粗粒结构及部分小块体结构等结构分异。其中以中粗粒结构含矿性最好。钠长石化交代作用与锂、铍等稀有元素的分布和富集有关, 一般来说钠长石化交代作用越强, 锂、铍等稀有元素的富集程度越高。

(5) 围岩蚀变标志: 硅化、绿帘石化、绿泥石化等围岩蚀变是找矿重要的间接标志。

(6) 矿物标志: 含矿伟晶岩中多为石英、长石与锂辉石共生, 一般含电气石较少。含电气石及云母较多的伟晶岩脉含锂矿较差。

(7) 与花岗岩位置: 含矿伟晶岩大多距离花岗岩体 500~1000 m, 而位于花岗岩中的伟晶岩脉大多含矿性较差。

4.2 找矿意义

锂资源是重要的新兴产业资源, 被誉为"21 世纪的能源金属"(李建康等, 2014; 王学评等, 2014), 尤其是电动汽车和新能源的发展, 带动了新能源汽车电池原材料的锂铷等稀有金属的需求。虽然我国稀有金属尤其是锂资源丰富, 但目前由于我国盐湖锂的开发利用技术尚未完善, 80%锂资源仍来源于矿石锂如硬岩型锂矿床等(彭爱平, 2012)。因此, 对典型硬岩型锂矿床的寻找以及深入研究意义重大。

中国硬岩型锂矿主要集中产出在 3 个锂矿带: 阿尔泰锂矿带、川西锂矿带、华南锂矿带。花岗伟晶岩型锂矿主要分布在新疆阿尔泰成矿带、川西松潘-甘孜成矿带, 典型矿床为新疆可可托海锂铍铌钽铷矿床、川西甲基卡锂铍铌钽铷矿床(王登红等, 2005; 邹天仁和李庆昌, 2006)。此类矿床的特点是品位高、易于开采。花岗岩型矿床是我国分布最广的锂矿类型, 主要位于华南地区, 以江西 414、湖南正冲和尖峰岭、广西栗木等矿床最为典型, 但该类矿床品位较低、开发利用成本较高。

本次在新疆南部的西昆仑-喀喇昆仑造山带发现的白龙山超大型锂铷矿床, 如果将其和大红柳滩锂矿、阿克萨依锂矿、496 北沟锂矿、南屏雪山南沟锂矿等一批矿床(点), 以及康西瓦-三十里营房一带出现大量的伟晶岩形成的大型云母矿(康西瓦云母矿、考孜沙衣云母矿), 木吉-塔什库尔干一带的霍什喀什锂矿、三素锂矿、木林场云母矿等连接起来, 应该可以形成一个西自木吉-塔什库尔干、中到三十里营房-康西瓦、东到白龙山-大红柳滩的喀喇昆仑锂稀有金属成矿带。该成矿带的确立为新疆稀有金属的找矿勘查提供了有力的参考和指导作用。同时, 新疆和田地区是我国新一轮扶贫攻坚的主战场之一, 白龙山超大型锂铷矿这一重大发现将为当地矿产资源开发带来巨大潜力。

5 结　论

(1) 在新疆和田县喀喇昆仑腹地白龙山新发现了一处超大型锂铷多金属矿床。该矿床产于伟晶岩墙中, 三条主要矿体规模较大, 预测 334 资源量 Li_2O 为 345.7647 万吨, Rb_2O 为 17.682 万吨, 是一个世界级规模的超大型 Li、Rb 矿床。

(2) 该矿床属花岗伟晶岩成因, 规模宏大, 标志着整个西昆仑-喀喇昆仑区域在稀有金属矿产找矿方面实现了重大突破。其与大红柳滩中型锂矿、496 北沟锂矿、阿克萨依锂矿、南屏雪山南沟锂矿等一批矿床(点)一起, 构成了喀喇昆仑锂矿带, 该资源的开发有望成为我国西部地区一个新的锂资源基地。

致谢: 本文撰写期间得到了很多专家的指点, 中国科学院广州地球化学研究所王强研究员、牛贺才研究员、王焰研究员给予了指导, 化验测试由新疆有色测试中心张华琴等完成, 在此一并致以特别感谢。

参考文献**(References)**:

陈曹军, 曹新志, 张旺生, 燕长海, 陈俊魁, 饶东平. 2011. 新疆塔什库尔干地区塔阿西-塔吐鲁沟铁矿带控矿因素及找矿方向. 地质科技情报, 30(6): 81–89.

陈登辉, 伍跃中, 李文明, 王兴安, 乔耿彪, 赵晓健. 2013. 西昆仑塔什库尔干地区磁铁矿矿床特征及其成因. 大地构造与成矿学, 37(4): 671–684.

陈勇, 吴亮, 张春江, 崔学敏, 李宗成, 牛金. 2013. 新疆西昆仑塔什库尔干赞坎铁矿矿床地质特征初探. 山东国土资源, 29(2): 18–22.

董连慧, 冯京, 刘德权, 唐延龄, 屈迅, 王克卓, 杨在峰. 2010. 新疆成矿单元划分方案研究. 新疆地质, 28(1): 1–15.

董连慧, 徐兴旺, 范廷宾, 屈迅, 李昊, 万建领, 安海涛, 周刚, 李基宏, 陈刚, 刘川. 2015. 喀喇昆仑火烧云超大型喷流-沉积成因碳酸盐型Pb-Zn矿的发现及区域成矿学意义. 新疆地质, 33(1): 41–50.

董永观, 郭坤一, 肖惠, 张传林, 王爱国, 赵宇. 2003. 西昆仑地区成矿远景. 中国地质, 30(2): 173–178.

冯昌荣, 何立东, 郝延海, 黄朝阳. 2012. 新疆塔什库尔

干县一带铁多金属矿床成矿地质特征及找矿潜力分析. 大地构造与成矿学, 36(1): 102–110.

胡军, 王核, 韩红卫, 魏勇, 慕生禄. 2016. 西昆仑甜水海地块大红柳滩铁矿床成因浅析及找矿意义. 大地构造与成矿学, 40(5): 949–959.

黄朝阳. 2014. 西昆仑布伦阔勒群铁矿床地质特征及成因研究. 广州: 中国科学院广州地球化学研究所博士学位论文: 30–110.

计文化. 2005. 西昆仑-喀喇昆仑晚古生代-早中生代构造格局. 北京: 中国地质大学博士学位论文: 1–136.

计文化, 周辉, 李荣社, 陈守建, 赵振明. 2007. 西昆仑新藏公路北段古-中生代多期次构造-热事件年龄确定. 地球科学, 32(5): 671–680.

李建康, 刘喜方, 王登红. 2014. 中国锂矿成矿规律概要. 地质学报, 88(12): 2269–2282.

李荣社, 计文化, 杨永成. 2008a. 昆仑山及邻区地质. 北京: 地质出版社: 1–400.

李荣社, 计文化, 赵振明, 陈守建, 孟勇, 于浦生, 潘小平. 2007. 昆仑早古生代造山带研究进展. 地质通报, 26(4): 373–382.

李荣社, 徐学义, 计文化. 2008b. 对中国西部造山带地质研究若干问题的思考. 地质通报, 27(12): 2020–2025.

李荣社, 杨永成, 孟勇. 2004. 青藏高原1∶25万区域地质调查主要成果和进展综述(北区). 地质通报, 23(5–6): 421–426.

潘桂棠, 李兴振, 王立全, 丁俊, 陈智梁. 2002. 青藏高原及邻区大地构造单元初步划分. 地质通报, 21(11): 701–707.

潘桂棠, 王立全, 李兴振, 王洁民, 徐强. 2001. 青藏高原区域构造格局及其多岛弧盆系的空间配置. 沉积与特提斯地质, 21(3): 1–26.

潘裕生. 1990. 西昆仑山构造特征与演化. 地质科学, 25(3): 224–232.

潘裕生. 1994. 青藏高原第五缝合带的发现与论证. 地球物理学报, 37(2): 184–192.

彭爱平. 2012. 锂工业发展现状及未来趋势. 中国金属通报, (11): 19–21.

饶东平, 曹新志, 张旺生, 陈俊魁, 陈曹军. 2013. 塔什库尔干地区老并铁矿床地质特征及成因分析. 新疆地质, 31(3): 190–195

任广利, 李健强, 王核, 刘建平, 高婷, 杨敏, 易欢, 韩海辉, 杨军录. 2013. 西昆仑西段布伦口-赞坎一带铁矿成矿系列. 新疆地质, 31(4): 318–323.

孙海田, 李纯杰, 吴海, 王宏君, 祁世军, 陈贵民, 刘振涛, 高鹏. 2003. 西昆仑金属成矿省概论. 北京: 地质出版社: 1–255.

王登红, 李建康, 付小方. 2005. 四川甲基卡伟晶岩型稀有金属矿床的成矿时代及其意义. 地球化学, 34(6): 541–547.

王登红, 邹天人, 徐志刚, 余金杰, 付小方. 2004. 伟晶岩矿床示踪造山过程的研究进展. 地球科学进展, 19(4): 614–620.

王核, 胡军, 李文铅, 魏小鹏, 黄朝阳, 慕生禄, 王敏, 邱增旺, 闫庆贺, 李沛, 曾乔松, 李自安, 吴玉峰, 任广利, 刘建平, 董瑞, 张晓宇. 2015. 西昆仑-帕米尔区域成矿规律与典型矿床研究: 1–538.

王核, 刘建平, 李社宏, 陈根文, 任广利, 赵玲. 2008. 西昆仑喀依孜斑岩钼矿的发现及意义. 大地构造与成矿学, 32(2): 179–184.

王核, 任广利, 刘建平, 吴玉峰, 付王伟, 黄朝阳. 2010. 西昆仑喀拉果如木铜矿床地质特征及发现意义. 新疆地质, 28(4): 365–369.

王核, 吴玉峰, 刘建平, 黄朝阳, 韩红卫, 胡军, 慕生禄. 2011. 西昆仑恰尔隆-大同一带斑岩铜钼矿找矿前景分析. 矿物学报, 31(S1): 845–846.

王学评, 柴新夏, 崔文娟. 2014. 全球锂资源开发利用的现状与思考. 中国矿业, 23(6): 10–13.

吴玉峰, 王核, 黄朝阳, 胡军, 刘建平, 任广利. 2013. 新疆喀喇昆仑喀拉果如木铜矿成矿岩体地球化学和锆石年代学. 岩石学报, 29(1): 205–216.

肖文交, 侯泉林, 李继亮, B F Windley, 郝杰, 方爱民, 周辉, 王志洪, 陈汉林, 张国成, 袁超. 2000. 西昆仑大地构造相解剖及其多岛增生过程. 中国科学, 30(增刊): 22–28.

肖序常, 李廷栋, 李光岑, 高延林, 许志琴. 1990. 青藏高原的构造演化. 中国地质科学院院报, 20(1): 123–125.

燕长海, 陈曹军, 曹新志, 张旺生, 陈俊魁, 李山坡, 刘品德. 2012. 新疆塔什库尔干地区“帕米尔式”铁矿床的发现及其地质意义. 地质通报, 31(4): 549–557.

张传林, 陆松年, 于海峰, 叶海敏. 2007. 青藏高原北缘西昆仑造山带构造演化: 来自锆石SHRIMP及LA-ICP-MS测年的证据. 中国科学(D辑), 37(2): 145–154.

张德贤, 曹汇, 曾敏, 许明珠, 李广旭, 星显宏. 2016. 新疆“帕米尔式”铁矿床成因与成矿背景分析. 岩石学报, 32(12): 3847–3864.

张连昌, 冯京, 董连慧, 朱明田, 郑梦天, 李智泉, 郝延海, 石玉君. 2016. 西昆仑塔什库尔干铁矿带矿床类型、成因及成矿规律. 地球科学与环境学报, 38(4): 427–443.

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. 四川地质学报, 31(3): 288–292.

邹天仁, 李庆昌. 2006. 中国新疆稀有及稀土金属矿床.

北京: 地质出版社.

Bershaw J, Garzione C N, Schoenbohm L, Gehrels G and Tao L. 2012. Cenozoic evolution of the Pamir plateau based on stratigraphy, zircon provenance, and stable isotopes of foreland basin sediments at Oytag (Wuyitake) in the Tarim Basin (west China). *Journal of Asian Earth Sciences*, 44: 136–148.

Burtman V and Tien Shan. 2010. Pamir and Tibet: History and geodynamics of Phanerozoic oceanic basins. *Geotectonics*, 44(5): 388–404.

Černý P. 1991. Fertile granites of Precambrian rare-element pegmatite fields: Is geochemistry controlled by tectonic setting or source lithologies? *Precambrian Research*, 51: 429–468.

Černý P and Erict T S. 2005. The classification of granitic pegmatites revisited. *The Canadian Mineralogist*, 43: 2005–2026.

Hu J, Wang H, Huang C Y, Tong L X, Mu S L and Qiu Z W. 2016. Geological characteristics and age of the Dahongliutan Fe-ore deposit in the West Kunlun orogenic belt, Xinjiang, northwestern China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 116: 1–25.

Jiang Y H, Jia R Y, Liu Z, Liao S Y, Zhao P and Zhou Q. 2013. Origin of Middle Triassic high-K calc-alkaline granitoids and their potassic microgranular enclaves from the West Kunlun orogen, northwest China: A record of the closure of Paleo-Tethys. *Lithos*, 156–159: 13–30.

Jiang Y H, Liao S Y, Yang W Z and Shen W Z. 2008. An island arc origin of plagiogranites at Oytag, West Kunlun orogen, northwest China: SHRIMP zircon U-Pb chronology, elemental and Sr-Nd-Hf isotopic geochemistry and Paleozoic tectonic implications. *Lithos*, 106: 323–335.

Jiang Y H, Ling H F, Jiang S Y, Fan H H, Shen W Z and Ni P. 2005. Petrogenesis of a Late Jurassic peraluminous volcanic complex and its high-Mg, potassic, quenched enclaves at Xiangshan, Southeast China. *Journal of Petrology*, 46: 1121–1154.

Matte P, Tapponnier P, Arnaud N, Bourjot L, Avouac J P, Vidal Ph, Liu Q, Pan Y S and Wang Y. 1996. Tectonics of Western Tibet, between the Tarim and the Indus. *Earth and Planetary Science Letters*, 142: 311–330.

Matte P, Tapponnier P, Bourjot L, Pan Y and Wang Y. 1992. Tectonics of western Tibet, from the Kunlun to the Karakorum. Kashi: International Symposium on the Karakorum and Kunlun Mountains, Abstracts: 36.

Mattern F and Schneider W. 2000. Suturing of the Proto- and Paleo-Tethys oceans in the West Kunlun (Xijiang, China). *Journal of Asian Earth Sciences*, 18: 637–650.

Wang Z H. 2004. Tectonic evolution of the West Kunlun orogenic belt, western China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 24: 153–161.

Xiao W J, Windley B F, Chen H L, Zhang G C and Li J L. 2002a. Carboniferous–Triassic subduction and accretion in the West Kunlun, China: Implications for the collisional and accretionary tectonics of the northern Tibetan plateau. *Geology*, 30: 295–298.

Xiao W J, Windley B F, Fang A M, Zhou H, Yuan C, Wang Z H, Hao J, Hou Q L and Li J L. 2001. Palaeozoic−Early Mesozoic accretionary tectonics of the Western Kunlun Range, NW China. *Gondwana Research*, 4(4): 826–827.

Xiao W J, Windley B F, Hao J and Li J L. 2002b. Arc-ophiolite obduction in the West Kunlun range (China): Implications for the Palaeozoic evolution of central Asia. *Journal of the Geological Society*, 159: 517–528

Xiao W J, Windley B F, Liu D Y, Jian P, Liu C Z, Yuan C and Sun M. 2005. Accretionary tectonics of the West Kunlun orogen, China: A Paleozoic−Early Mesozoic, long-lived active continental margin with implications for the growth of southern Eurasia. *Journal of Geology*, 113: 687–705.

Yan Q H, Qiu Z W, Wang H, Wang M, Wei X P, Li P, Zhang R Q, Li C Y and Liu J P. 2016. Age of the Dahongliutan rare metal pegmatite deposit, WestKunlun, Xinjiang (NW China): Constraints from LA-ICP-MS U-Pb dating of columbite-(Fe) and cassiterite. *Ore Geology Reviews*, DOI: 10.1016/j.oregeorev.2016.11.010

Yang J S, Robinson P T, Jiang C F and Xu Z Q. 1996. Ophiolites of the Kunlun Mountains, China and their tectonic implications. *Tectonophysics*, 258: 215–231.

Yin A and Harrison T M. 2000. Geologic evolution of the Himalayan–Tibetan orogen. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 28: 211–280.

Zhang Z, Klemperer S, Bai Z, Chen Y and Teng J. 2011. Crustal structure of the Paleozoic Kunlun orogeny from an active-source seismic profile between Moba and Guide in East Tibet, China. *Gondwana Research*, 19(4): 994–1007.

www.dizyork.com

Discovery of the Bailongshan Superlarge Lithium-Rubidium Deposit in Karakorum, Hetian, Xinjiang, and its Prospecting Implication

WANG He[1], LI Pei[1, 2], MA Huadong[3], ZHU Bingyu[3], QIU Lin[3], ZHANG Xiaoyu[1, 2], DONG Rui[1, 2], ZHOU Kailin[1, 2], WANG Min[1], WANG Qian[1], YAN Qinghe[1, 2], WEI Xiaopeng[1, 2], HE Bin[1], LU Hong[1] and GAO Hao[1, 2]

(1. *Guangzhou Institute of Geochemistry*, *Chinese Academy of Sciences*, *Guangzhou* 510640, *Guangdong*, *China*; 2. *University of Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100049, *China*; 3. *National* 305 *Project Office*, *Urumqi* 830000, *Xinjiang*, *China*)

Abstract: The West Kunlun-Karakorum Orogenic Belt is located in the northern most part of the Tibet Plateau. Great progresses have been made in metallogenic study and prospecting of iron, lead, zinc, and manganese ore deposits in the last few years. However, even though lithium is one of the most important metal resources in the region, the importance of lithium polymetallic mineralization has largely been ignored.

Through three years of systematic field exploration and laboratory analyses, we have found a superlarge Li-Rb rare metal pegmatite deposit in the Bailongshan area of the Karakorum Mountains, Hetian County, Xinjiang. It is a pegmatite type Li-Rb deposit, and a large spodumene-containing pegmatite wall (length>3750 m, width 46−165 m) has been delineated. The deposit consists of three main ore bodies situated in the ore-bearing pegmatite wall (length 990−1230 m, thick 61.86−115.85 m). The resource reserves for Li_2O and Rb_2O are estimated to be 3.45 million tons and 176,000 tons, respectively. It is reasonable to infer that it will turn out to be a world-scale lithium deposit.

The discovery of the Bailongshan superlarge Li-Rb rare metal pegmatite deposit is a great breakthrough of ore prospecting in the Western Kunlun−Karakorum region. The discovery also unveiled a potential Karakorum lithium rare metal metallogenic belt, which will possibly become a new important lithium resource base in China.

Keywords: Bailongshan superlarge Li-Rb rare metal pegmatite; pegmatite; prospecting implication; West Kunlun−Karakorum

www.dqdzyckx.com