

地质与矿产

埃塞俄比亚南部某风化壳型钽铌矿床地质特征

高长亮^{1,2}, 亓希强¹, 吕涛¹, 田绍喜¹, 高志友¹, 苏道强¹, 高荣政¹

(1.山东省地矿工程集团有限公司, 山东 济南 250014; 2.山东省鲁北地质工程勘察院, 山东 德州 253015)

摘要:通过总结埃塞俄比亚南部某风化壳型钽铌矿区域地质、重砂化探异常、矿区地质、矿床特征,重点探讨了该类矿床的矿体、矿石特征、矿床成因及其控矿因素等,指出该区还有很多较好异常未得到验证,大量的含矿花岗伟晶岩、深部含矿花岗岩也未得到全面有效的控制,通过进一步工作,该区有望找到规模更大的风化壳型及其伟晶岩型、花岗岩型钽铌矿床。

关键词:风化壳型;钽铌矿床;地质特征;埃塞俄比亚

中图分类号:P618.45

文献标识码:A

引文格式:高长亮,亓希强,吕涛,等.埃塞俄比亚南部某风化壳型钽铌矿床地质特征[J].山东国土资源,2015,31(6):24-29.GAO Changliang, QI Xiqiang, LV Tao, etc. Geological Characteristics of a Weathering Crust Type Tantalum Niobium Deposit in Southern Ethiopia[J].Shandong Land and Resources, 2015,31(6):24-29.

风化壳型矿床埋藏浅、结构疏松、易采、易选,具有较大的工业价值,其中风化壳型钽铌矿床是目前钽铌的重要来源^[1]。埃塞俄比亚矿产资源丰富,其南部前寒武纪基底岩系分布区是该国最重要的钽铌矿生产基地及资源潜力开发区。山东地矿工程集团有限公司,通过综合分析研究该区以往地质、矿产、物化探等成果资料和邻区已知矿床的特征及成矿规律,采取地质、重砂测量、化探、槽井探和样品测试等综合勘查手段,在MB1地区新发现并圈定了风化壳型中型钽铌矿床1处^①。该文初步总结了该风化壳型钽铌矿床地质特征,旨在为国内学者提供寻找风化壳型钽铌矿信息,同时为国内企业实施“走出去”的找矿战略提供一些依据。

1 区域地质概况

区域地层为前寒武纪基底岩系、晚古生代—中生代沉积岩系和新近纪—第四纪火山岩沉积岩系,大地构造属于“泛非构造带”中的东非造山带,位于东非大裂谷(东支)东侧(图1),多期次构造岩浆强烈^[2]。

前寒武纪地层主要为新元古代中上部基底杂岩组成^②(图1)。中部杂岩(自下而上)主要由布卢卡岩组、增博巴岩组、阿菲埃岩组及肯蒂查岩组构成,岩性为多期次的变形变质作用形成的片麻岩、混合岩、大理岩及角闪岩,变质程度主要为角闪岩相;上部杂岩主要为切克特岩组,岩性主要由各种片岩(主要为云母、绿泥石、绢云母、长石和角闪石片岩)、板岩、千枚岩、大理岩、变砾岩和不同期次的侵入岩(花岗岩、花岗闪长岩、闪长岩、正长岩、伟晶岩、辉长岩、辉石岩及橄榄岩)的复杂岩石组合,变质程度为绿片岩相,局部为低角闪岩相。岩浆岩十分发育,主要分为同构造期侵入岩、阿多拉岩岩浆系列和区域超变质侵入杂岩。区域构造非常发育,主要以SN向为主干构造,次级构造为NNE、NE向;再次为NEE向、NW向。

区域矿产资源十分丰富,主要有肯蒂查花岗伟晶岩型钽铌矿、石英、长石、白云岩、菱镁矿、高岭土矿及勒格德姆比绿岩型金矿等^③。区域性铌、锂、金、钨化探和重砂异常发育。其中钽铌矿重砂异常7处,编号分别为钽31-37,异常总体呈近SN向展布的不规则

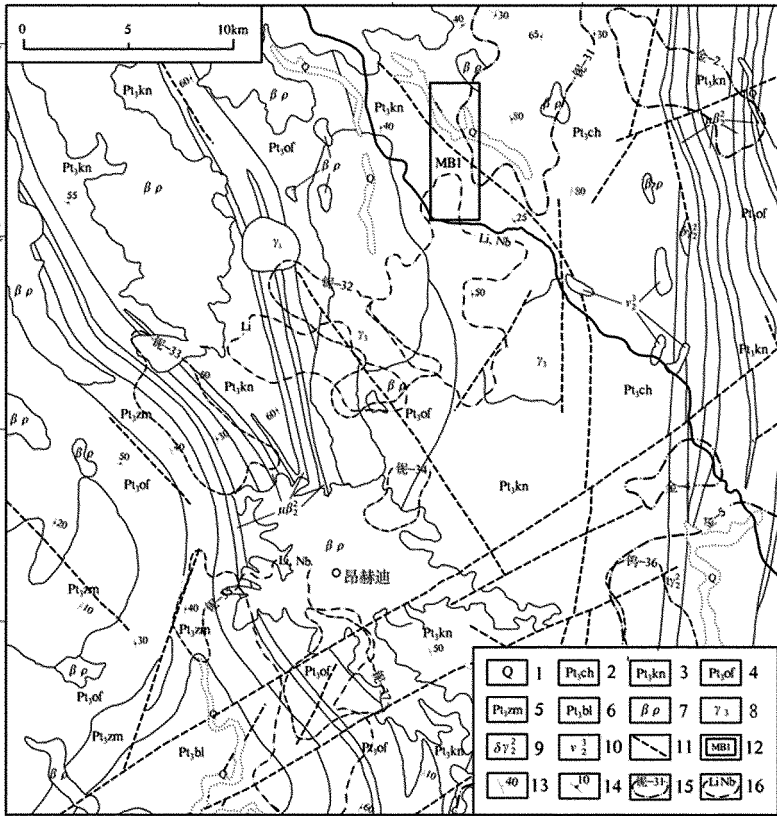
收稿日期:2014-09-12;修订日期:2015-02-25;编辑:陶卫卫

作者简介:高长亮(1960—),男,山东莱芜人,研究员,主要从事地质矿产勘查及其管理工作;E-mail:gaochangliang1960@163.com

①山东省地矿工程集团有限公司,埃塞俄比亚奥罗米亚州 BOMBA WOHA, HANGEDI, KENTICHA AND DERMI 钽铌矿普查地质报告,2010年

②Mineral Potential of Adola, 1:10万, Adola Gold Exploration Project, Ministry of Mines and Energy Federal Democratic Republic of Ethiopia, 1982

③姚华舟等,中国地调局宜昌地质矿产所,埃塞俄比亚地质矿产考察报告,2006



1—砾石、砂、砂性土壤;2—切克特组;3—肯蒂查组;4—阿菲埃组;5—增博巴组;6—布卢卡组;7—次火山岩脉,夹早第三纪火山岩;8—黑云花岗岩;9—石英闪长岩,含石英辉长-苏长岩;10—辉长岩及辉长闪长岩;11—断层;12—矿区范围及编号;13—地层产状;14—片麻理产状;15—铌重砂异常及编号;16—铌、钽化探异常

图 1 MB1 区域地质略图

长椭圆形,异常面积、异常强度不一;水系沉积物测量异常主要为 Li, Nb 组合异常和 Li 异常,异常总体呈近 SN 向展布的不规则长椭圆形。风化壳型钽铌矿床位于钽铌矿重砂异常(铌 31)西南和化探异常(Li, Nb)组合异常北部。

2 矿区地质特征

2.1 地层

矿区内地层主要为新元古代基底杂岩和新生代地层。仅出露肯蒂查岩组、切克特岩组和第四系。

肯蒂查岩组主要分布在矿区南部,走向近 SN,倾向 NE,倾角 10°~15°,岩性主要为含石榴石及云母片岩、片麻状花岗岩,出露较差,大部分被覆盖。

切克特岩组仅在矿区东部边缘出露,岩性主要为角闪岩、斜长绿泥岩—阳起片岩、千枚岩、石墨石英岩等,产状同肯蒂彻岩组一致。

第四系分布于低洼地带,岩性为残坡积和洪冲积

层、冲积层的砾石、砂、砂质粘土等。

2.2 构造

矿区断裂构造较为发育。以 NW 向断裂为主,且规模相对较大,主要分布于矿区的中部。出露长度约 10 km,走向 310°~330°,倾向 NE,倾角 74°~80°。断裂内发育碎裂岩、碎裂花岗岩、碎裂状片麻岩等。

2.3 岩浆岩

矿区内岩浆岩较发育,主要分为同构造期侵入岩、脉岩及区域变质侵入杂岩。同构造期侵入岩主要为黑云花岗岩,分布于矿区中部,呈透镜状侵入于肯蒂彻组和阿菲埃组中。岩石呈灰白色,中粒花岗结构,块状构造。主要矿物成分为斜长石、微斜长石、石英、黑云母等;副矿物为锆石、磷灰石、磁铁矿等。其走向近 SN,倾向 E,倾角 30°左右。矿区内脉岩发育,主要为辉绿岩脉、花岗伟晶岩脉。

2.4 重砂、化探异常

1:2.5 万水系重砂测量工作,重砂样品(正样)进行磁性、电磁性、重矿物及轻矿物鉴定,灰砂化探(副样)分析 Nb, Ta, Li;水系沉积物样品分析 Nb, Ta, Li, Au。重砂与灰砂化探钽铌异常位于 MB1 南部,为 NW 走向,两类异常重合较好,且均未封闭(图 2,图 3),面积 2.5 km²,异常特征详见表 1。

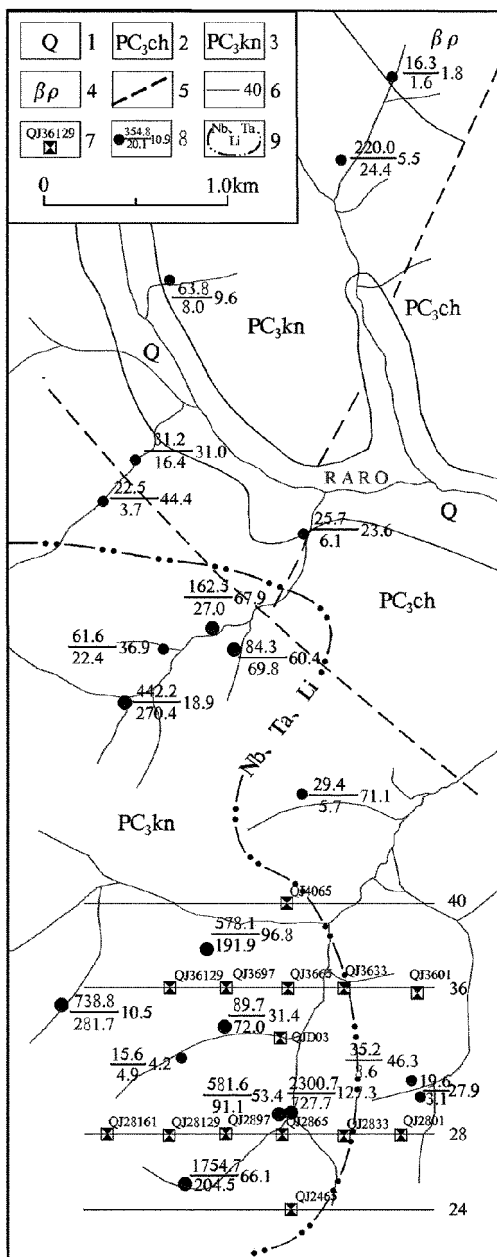
表 1 MB1 水系重砂测量、灰砂化探参数统计

项目	重砂(n=46)	灰砂化探(n=21)			
	钽铌矿+钛铁矿	Nb	Ta	Li	Au
最小值	24	0.1560	0.0160	0.0175	0.0022
最大值	3271	23.0066	7.2765	0.2725	10.6875
均值	528	3.6325	0.9813	0.4028	0.5467
方差	636	6.0182	1.7021	0.3279	2.3257
变化系数	120	166	173	81	425
异常下限	1799	15.6688	4.3855	1.0587	5.1982

注:测试单位:Au 为 10⁻⁶,其他为 10⁻⁹

3 矿床地质特征

据稀有金属矿产地质勘查规范^[3],5 个地质因素的类型系数之和为 2.4,综合确定为第 II 勘查类型。目前矿区已探求风化壳型钽铌矿石资源量 354.9×10⁴ t,钽铌氧化物资源量 854.15 t。钽或铌风化壳型独立矿



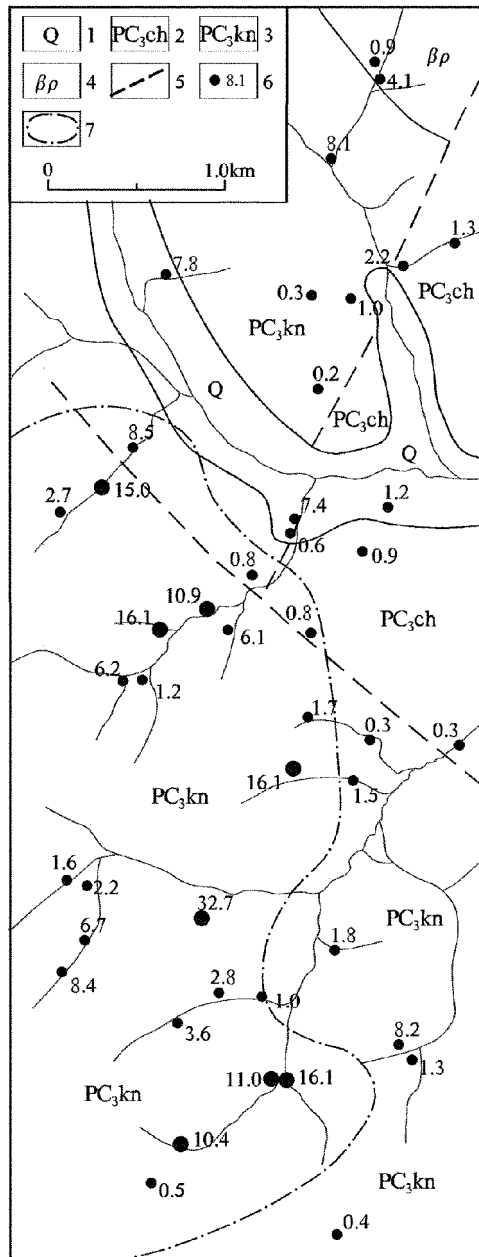
1—第四系;2—切克特组;3—肯蒂查组;4—次火山岩脉;5—断层;6—勘探线及其编号;7—浅井位置及编号;8—化探取样位置及分析结果(10^{-8});9—Nb,Ta,Li 灰砂化探异常

图 2 MB1 矿区灰砂化探异常分布图(附工程部署)

床均达中型。

3.1 矿体特征

目前圈定矿体 1 个,矿体受控于起伏地貌地形,呈面状分布,受矿权影响其边界未定。围岩为第四纪残坡积含砾砂质粘土、粘土。基岩为云母片岩、片麻岩、花岗岩。矿体赋存于基岩风化壳中,矿体总体走向 $345^{\circ}\sim 355^{\circ}$,倾向 NE,倾角 $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$,呈层状、似层

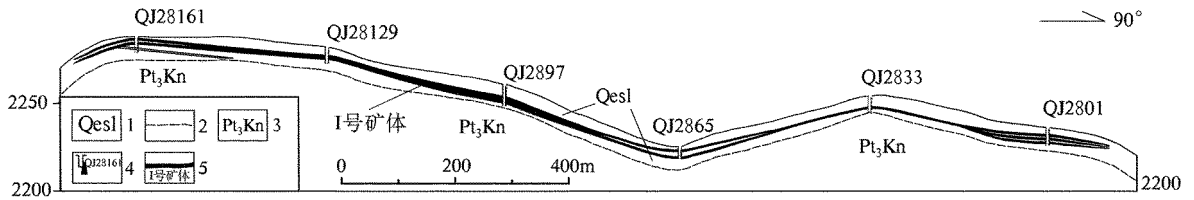


1—第四系;2—切克特组;3—肯蒂查组;4—次火山岩脉;5—断层;6—重砂采样点位置及分析结果(10^{-4});7—重砂异常

图 3 MB1 矿区重砂异常分布图

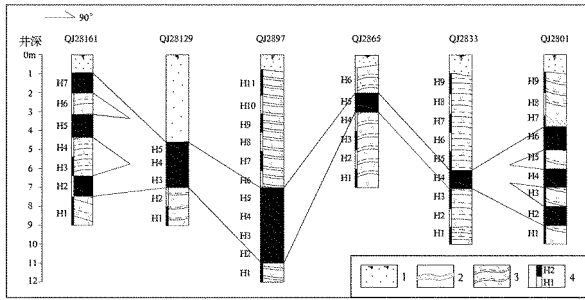
状产出,分支复合现象常见(图 4、图 5)。矿体地表赋存标高 2 191~2 287 m,长 1 300~1 600 m,宽度 800 m,具大型矿体特征。一般厚 1~3 m,平均铅直厚度 2.18 m,QJ3697 处可达 4.70 m。厚度变化系数为 54.85%,属矿体厚度稳定型(小于 60%)。

矿体 Ta_2O_5 的品位一般为 0.005%~0.062 3%,平均品位 0.009 9%; Nb_2O_5 品位一般 0.004 4%~0.066 8%,平均品位 0.014 2%。 Nb_2O_5, Ta_2O_5 品位变



1—风化物;2—推测风化壳范围界线;3—肯蒂查岩组:花岗片麻岩、花岗岩、花岗伟晶岩及片岩;4—浅井位置及编号;5—矿体及编号

图 4 MB1 铌钽矿区第 28 勘探线剖面图



1—腐殖土;2—石英脉;3—风化花岗片麻岩;4—刻槽取样位置及编号

图 5 MB-1 块段 28 勘探线浅井柱状对比图

化系数分别为 133.2%, 151.5%, 属有用组分不均匀型 (品位变化系数大于 80%)。 (Ta, Nb)₂O₅ 品位一般 0.01%~0.126 1%, 平均品位 0.024 1%。 Ta/Nb = 0.7 (小于 1, 大于 0.2), 属铌钽矿床^[4]。

3.2 矿石特征

3.2.1 矿石类型

按风化程度可分为全风化型和半风化型, 以全风化型为主; 按成矿母岩成分矿石类型可分为全风化花岗岩型、全风化花岗片麻岩型、全风化花岗伟晶岩型。

3.2.2 矿石的结构构造

矿石松散结构, 土状构造。个别松散残余结构, 残余片麻状构造, 即部分浅井中可见花岗片麻岩的残余片麻理。矿石中的长石绝大部分风化为高岭土, 偶有残骸, 松散, 手捏即碎, 吸水性强。置于水中, 大部分矿物的单体能自然松散解离。

3.2.3 矿物成分

矿石矿物主要为铌钽铁矿、钛铁矿, 少量锆石。脉石矿物为石英、长石、高岭石。

3.2.4 矿石矿物特征

铌钽铁矿: 最主要的稀有金属矿物, 铁黑色、褐黑色, 具强磁性, 呈板状、柱状, 粒度 0.102~0.13 mm, 含 Nb₂O₅ 59%, Ta₂O₅ 41%。铌钽主要呈独立矿物存

在于铌钽铁矿中, 其次以类质同象的形式存在于铁矿物、锆石、云母中, 并有少量铌钽矿物呈微小颗粒混在花岗片麻岩风化形成的泥质成分中。

钛铁矿: 黑色, 粒状、板状, 金属光泽, 粒径一般为 0.03~0.6 mm。

锆石: 浅红色、无色, 柱状, 熔蚀现象较明显, 晶形较完整, 金刚光泽, 粒径 0.03~0.36 mm。

3.2.5 脉石矿物特征

石英: 呈乳白色、灰白色, 呈半自形—他形粒状, 多数为集合体或细脉分布于风化花岗岩、花岗片麻岩中。

长石: 长石绝大部分风化为高岭土, 偶尔保留长石残骸, 松散, 手捏即碎。

4 讨论

随着我国国防工业和高科技产业的不断发展, 对稀有金属的需求与日俱增, 其中铌钽矿产品进口量常年居高不下, 更是加剧了寻找新铌钽矿床的迫切性, 然而对于稀有金属矿床的认识还相对滞后^[5]。

4.1 控制程度及综合研究程度

目前 MB1 风化壳型铌钽矿床控制程度及综合研究程度均较低。

MB1 矿区仅施工了部分浅井, 一般井深 3~10 m, 控制最大深度仅 12 m, 尚未完全控制风化壳矿体深度, 矿体边部均未得到控制。广东广宁县深坑含铌钽伟晶岩^[6], 由地表向深部 30 m 左右, 呈全风化或半风化状态, 30~40 m 为微风化, 40 m 以下为新鲜伟晶岩。因此 MB1 矿区深部及周边寻找风化壳型铌钽矿及原生矿床潜力仍然较大。

陈湘立等人^[7]研究了湖南耒阳上堡花岗岩风化壳型铌钽矿床铌钽的赋存状态, 认为湖南耒阳上堡花岗岩风化壳型铌钽矿床有 3 种类型铌钽矿石: 铌钽铁矿矿石 (类型 I)、铌金红石矿石 (类型 II) 和细晶石—钽

铌铁矿矿石(类型Ⅲ), 铌钽矿床中的铌钽主要赋存在独立矿物铌铁矿、铌金红石、细晶石中, 其次赋存在铁锂云母中。MB1 矿区目前尚未系统研究铌钽矿床铌钽的赋存状态, 因此矿石中含铌钽的有用矿物尚需进一步研究。

4.2 矿石的化学成分

铌钽矿石化学成分有一定差异, 但各样品间主元素相差不大(表2)。矿石中 $(Ta, Nb)_2O_5$ 品位与 SiO_2 含量呈正消长关系。

表2 MB1 矿区(浅井) 矿石化学成分分析结果(%)

样品编号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO	SO ₃	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅
28129H3	43.04	28.44	15.68	0.04	0.04	<0.01	0.08	1.09	0.4	0.05	0.0083	0.0111
28129H4	54.74	25.69	8.25	0.02	0.09	<0.01	2.06	0.51	0.2	0.03	0.0272	0.0049
28129H5	54.29	27.98	6.33	0.02	0.07	<0.01	1.21	0.6	0.04	0.03	0.033	0.0075
2801H2	47.49	26.41	13.41	0.05	0.15	<0.01	1.26	1.37	0.24	0.04	0.0044	0.0087
2801H4	49.13	25.98	10.87	0.02	0.17	0.01	2.46	1.31	0.21	0.02	0.0084	0.0054
2801H6	47.35	27.60	12.06	0.08	0.12	<0.01	1.07	1.24	0.15	0.05	0.0083	0.0081
2833H4	49.48	28.11	10.94	0.21	0.36	<0.01	0.29	1.23	0.17	0.03	<0.001	0.0095
2897H1	47.00	24.61	11.59	0.09	3.74	<0.01	4.6	1.53	0.15	0.01	0.0048	0.0048
2897H2	44.33	25.85	12.16	0.12	3.81	<0.01	4.4	1.62	0.15	0.01	0.0082	0.0051
2897H3	45.64	24.68	12.57	0.08	3.91	<0.01	4.1	1.56	0.13	0.02	0.0043	0.0057
2897H4	46.23	25.25	11.89	0.04	3.29	<0.01	3.8	1.6	0.16	0.02	0.005	0.0057
2897H5	46.36	24.49	12.28	0.05	3.52	<0.01	4	1.59	0.18	0.01	0.0058	0.0078
2865H1	46.96	26.71	15.04	0.02	0.14	<0.01	0.5	1.86	0.1	0.06	0.0056	0.0074
2865H5	52.38	24.86	9.11	0.03	0.15	0.35	4.3	0.5	1.04	0.03	0.0244	0.006
2465H1	44.06	26.62	14.97	0.07	0.15	<0.01	0.18	1.37	0.22	0.15	0.0074	0.0053
2465H2	58.93	23.88	4.67	0.10	0.20	<0.01	4.38	0.35	0.31	0.01	0.0211	0.0111
28161H2	69.08	21.58	2.20	0.01	0.06	<0.01	1.12	0.23	0.2	0.02	0.1098	0.0982
28161H5	41.72	24.34	18.96	0.01	0.15	<0.01	0.14	2.04	0.19	0.07	0.0668	0.0427
28161H7	50.84	27.47	9.87	0.11	0.20	<0.01	0.19	1.26	0.05	0.06	0.0665	0.0508
4065H1	51.00	25.37	9.25	0.47	0.80	<0.01	0.99	1.85	0.03	0.01	0.0058	<0.0010
平均值	49.50	25.79	11.105	0.082	1.056	0.023	2.05	1.23	0.216	0.037	0.021	0.015
方差	6.285	1.692	3.876	0.104	1.551	0.077	1.747	0.530	0.212	0.033	0.028	0.023
变化系数	12.7	6.6	34.9	126.8	146.9	342.7	84.9	42.9	98.3	89.6	133.2	151.5

R 型点群分析结果显示: ①在相似水平为 0.556 时, 分为 7 群, 即 $Ta_2O_5 - Nb_2O_5 - SiO_2, K_2O - MgO, Na_2O - MnO, Fe_2O_3 - TiO_2, Al_2O_3, SO_3, CaO$; ② Ta_2O_5 与 Nb_2O_5 呈强正相关性, 且相关性最强, 相关系数 $r = 0.9399$; ③ $Nb_2O_5 + Ta_2O_5$ 与 SiO_2 相关系数 $r = 0.6065$, 说明铌钽矿品位随风化壳(由风化母岩控制)的酸性

程度增加而增加。

MB1 矿区矿石化学成分分析结果与中国湖南耒阳上堡花岗岩风化壳型铌钽矿床铌钽矿石对比则相差较大, 前者较后者明显偏高的为 $Ta_2O_5, Nb_2O_5, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, TiO_2$; 而明显偏低的为 SiO_2, Na_2O, CaO (表3)。

表3 MB1 矿区矿石化学成分分析结果对比(%)

样品编号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅
MB1 平均值	49.503	25.796	11.105	0.082	1.056	0.023	2.057	1.236	0.021	0.015
湖南耒阳	I型	68.56	18.08	3.10	0.10	0.22	0.28	1.93	0.19	0.02
	II型	66.96	19.19	3.41	0.05	0.16	0.17	1.05	0.23	0.02
	III型	68.23	18.08	0.22	0.19	0.07	1.27	3.44	0.04	0.01
	平均值	67.92	18.45	2.24	0.11	0.15	0.57	2.14	0.15	0.02

注: 表中耒阳型、II型、III型分别为湖南耒阳上堡花岗岩风化壳型铌钽矿床中铌钽铁矿矿石、铌金红石矿石和细晶石-铌钽铁矿矿石。

4.3 矿床类型及成因

国外铌钽矿床具有矿床类型多、分布范围广的特点, 成矿类型包括: 花岗伟晶岩型、蚀变花岗岩型、花

岗岩型、碳酸岩型、碱性岩浆岩型(霞石正长岩)、风化壳型和冲积型。风化壳型和冲积型铌钽矿床多位于赤道附近, 与第四纪以来潮湿多雨气候条件有关^[5]。

风化壳型钽铌矿床成因:钽铌主要以稀有元素副矿物形式存在于花岗岩类,当钽铌富集到一定程度即构成工业矿床。富含钽铌的花岗片麻岩、花岗岩、花岗伟晶岩在物理化学风化作用过程中,稀有元素副矿物化学性质比较稳定,有较强的抗风化能力,在风化过程中不易被分解而残留在风化壳中,并进一步富集而形成风化壳型钽铌工业矿床^[7]。矿床中的钽铌主要呈独立矿物钽铌铁矿存在。

该区风化壳型钽铌矿床形成时代为新生代第四纪,但其母岩形成时代均为新元古代。

4.4 控矿因素

区内钽铌矿分布于第四纪风化壳,受控于富含钽铌的风化母岩,即新元古代变质杂岩及侵入的花岗岩、花岗伟晶岩,该套杂岩富含物理化学性质较稳定的钽铌铁矿等稀有元素,为后期形成风化壳型钽铌的形成提供了物质基础。

该区气候炎热,雨量充沛,适于物理和化学风化作用的进行,是形成风化壳型矿床的重要气候因素。

5 结论

(1)新元古代变质杂岩及侵入的花岗岩、花岗伟晶岩是寻找风化壳型钽铌矿床的地质标志,化探及重砂显示较好的钽铌锂异常。1:2.5万重砂测量是寻找钽铌矿床最有效的手段之一,异常浓集区及其附近有

望找到更有远景的钽铌矿床。

(2)对MB1矿区风化壳型钽铌矿体周边及深部尚未控制,因此有必要加强深部及外围的普查工作,提高储量级别、综合研究程度等,进一步寻找同类型钽铌矿床。

(3)埃塞俄比亚南部前寒武纪基底岩系分布区是该国重要的钽铌稀有金属成矿带,许多河流重砂、水系化探异常均未得到验证,大量的深部含钽铌花岗伟晶岩脉、含钽铌花岗岩未得到全面有效的控制。因此,通过进一步工作,该区有望找到规模更大的风化壳型及伟晶岩型、花岗岩型(原生矿)钽铌矿床。

参考文献:

- [1] 薛春纪,祁思敬,隗合明,等.基础矿床学[M].北京:地质出版社,2006.
- [2] 高长亮,党万民,田绍喜,等.埃塞俄比亚地质特征与矿产概况[J].山东国土资源,2010,26(11):19-23.
- [3] 邵厥年,陶维屏,张义勋,等.矿产资源工业要求手册[M].北京:地质出版社,2010:217-229.
- [4] 王汾连,赵太平,陈伟.钽铌矿研究进展和攀西地区钽铌矿成因初探[J].矿床地质,2012,31(2):293-298.
- [5] 蔡肖,宋扬,王登红,等.国外重要钽铌矿床分布规律及成矿地质特征[J].矿物学报,2013,(增刊):193-194.
- [6] 赵仕钦.广宁县深坑钽铌矿床地质特征及找矿标志[J].西部探矿工程,2006,126(10):156.
- [7] 陈湘立,金艳辉,谢慈国.湖南耒阳上堡花岗岩风化壳型钽铌矿床钽铌的赋存状态[J].矿物学报,2003,23(4):323-325.

Geological Characteristics of a Weathering Crust Type Tantalum Niobium Deposit in Southern Ethiopia

GAO Changliang^{1,2}, QI Xiqiang¹, LV Tao¹, TIAN Shaoxi¹, GAO Zhiyou¹, SU Daoqiang¹, GAO Rongzheng¹

(1. Shandong Geo - engineering Exploration Insitute, Shandong Jinan 250014, China; 2. Lubei Geo - engineering Exploration Institute, Shandong Dezhou 253015, China)

Abstract: Through the summary of geochemical anomalies, geology of mining area and deposit characteristics of a weathering crust type tantalum niobium deposit in southern Ethiopia, its ore bodies, ore characteristics, genesis and ore controlling factors have been studied. It is pointed out that a lot of good anomalies in this area have not been verified, a large number of ore bearing granite pegmatites, and ore - bearing granite in deep part has not been controlled comprehensively. Through further work, the district is expected to find larger scale weathering crust type, pegmatite type and granite type tantalum niobium deposit .

Key words: Weathering crust type; tantalum niobium deposit; geological characteristics; Ethiopia