

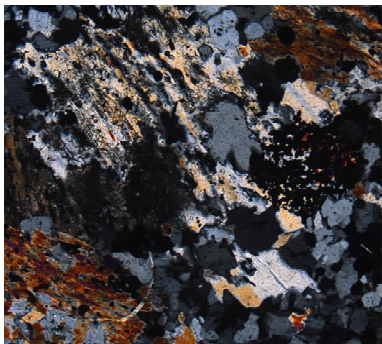
文章编号: 0254-5357(2013)02-0269-09

# 安徽金寨县沙坪沟钼矿区铌赋存状态研究

阳 珊<sup>1</sup>, 王波华<sup>2</sup>, 王 枫<sup>1</sup>, 遇 禛<sup>1</sup>

- (1. 安徽省地质实验研究所, 安徽 合肥 230000;  
2. 安徽省地质矿产勘查局 313 地质队, 安徽 六安 237271)

**摘要:** 安徽金寨县沙坪沟特大型钼矿在勘察过程中发现部分样品的铌含量达到 100~350 μg/g, 钼矿化不明显, 目前该矿床即将结束勘探工作, 查明铌、钼的赋存状态及其有关物质组分, 以确定其是否为钼矿伴生矿床是本文研究的重要内容。本文对矿区的样品应用化学分析、光薄片岩矿鉴定、单矿物分析、电子探针分析等大型现代仪器相结合的分析手段, 研究了岩石中铌、钼的赋存状态。化学分析确定钼矿体上部石英正长岩及碱长花岗斑岩中铌平均含量为 172.9 μg/g, 钼平均含量为 10.6 μg/g; 钼矿体中正长岩及花岗斑岩中铌平均含量为 84.5 μg/g, 钼平均含量为 5.2 μg/g。该分析表明本区为单一原生铌矿化, 且铌矿化主要发生在钼矿体上部石英正长岩中; 偏光显微镜下观察未发现独立铌钼矿物。单矿物及电子探针分析结果显示铌主要赋存于楣石蚀变的金红石中, 钼矿化不明显。金红石呈它形粒状-半自形板状, 结晶粒度 < 0.2 mm, 集合体呈楣石假象, Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 平均含量为 9.224%。铌在各矿物中的分配计算显示, 金红石中铌占有率为 75.13%。综合分析表明本区铌钼矿化强度弱, 不具有工业价值, 不能成为钼矿的伴生矿种选矿开采。



**关键词:** 沙坪沟钼矿区; 铌矿化; 含铌金红石; 楣石  
**中图分类号:** P575; P578.1      **文献标识码:** A

安徽省金寨县沙坪沟钼矿位于东秦岭-大别成矿带东段, 是安徽省地质矿产勘查局 313 地质队于近年发现的特大型钼矿, 初步探得钼金属量 270 万吨。目前对沙坪沟钼矿的研究主要集中于研究矿床地质特征及找矿方向<sup>[1-3]</sup>、成矿流体演化特征<sup>[4]</sup>、成矿年龄及成矿斑岩体等有关岩浆岩年龄<sup>[5-7]</sup>、钼矿物质组分及赋存状态<sup>[8]</sup>方面, 对该矿区铌钼赋存状态研究还处于空白状态。

沙坪沟铌钼异常发现于 20 世纪 70 年代, 在沙坪沟钼矿勘探过程中, 初步分析部分样品中的铌含量为 100~350 μg/g, 已达边界品位<sup>[9]</sup>, 因此在勘查评价和综合利用铌钼的过程中, 查明铌钼赋存状态及其有关物质组分至关重要。本文对沙坪沟钼矿区不同岩石和矿石样品, 应用化学分析、光薄片岩矿鉴定、单矿物分析、电子探针分析等大型仪器相结合的分析手段, 研究了样品铌钼的赋存状态, 研究成果可

指导矿山开采、选矿、冶炼及矿石的综合利用。

## 1 地质背景

沙坪沟钼矿位于北淮阳构造带东段的西部, 桐柏-桐城断裂带和商城-麻城断裂带的交汇部位的北东侧, 亦即桐柏-桐城断裂与泗河-银山断裂(商城-麻城断裂的派生断裂)汇构成的“入”字型构造锐角处, 隶属武当-桐柏-大别贵金属与多金属成矿带。该成矿带内断裂发育, 构造活动频繁, 岩浆岩分布广泛, 因此具有较好的寻找多矿种前景, 尤其是铌等稀有金属。侵入岩广泛出露, 构成钼矿区的基本岩性。主要赋矿岩体有正长(斑)岩、中-细粒二长花岗(斑)岩和碱长花岗岩等。此外, 有分布于矿区内的辉石闪长岩、辉长岩; 北东部的花岗闪长岩、闪长岩; 北西部的隐爆角砾岩等。矿区主体岩性为中-细粒二长花岗(斑)岩和正长(斑)岩。

收稿日期: 2012-09-19; 接受日期: 2012-10-09  
基金项目: 省局地勘经费科研项目  
作者简介: 阳珊, 高级工程师, 从事岩矿鉴定工作。E-mail: 743314337@qq.com。

2 样品分析与结果讨论

样品分析的具体流程为:①偏光显微镜下观察不同类型岩浆岩的蚀变类型及矿物组合。②化学分析不同类型岩浆岩中铌钽的准确含量,并分析其地球化学特征。③电子探针及单矿物分析样品中不同矿物铌钽含量,对含铌钽矿物进行准确定名。④计算铌在不同矿物中配分量,确定铌元素在各种矿物中的含量和比例。

2.1 不同类型岩浆岩蚀变及矿物组合

沙坪沟钼矿围岩蚀变十分发育,通过大量的镜下观察、岩芯观察,根据蚀变类型及矿物组合,由上至下为:黄铁绢英岩化带、绢(云)英岩化带、钠长石化、钾长石化、云英岩化综合带(图 1)。黄铁绢英岩化带岩石主要岩性为(石英)正长岩,分布于地表及地下较浅部位,主要蚀变矿物为石英、绢云母、黄铁矿,少量白云母、绿泥石、微量萤石、方解石等。绢(云)英岩化带岩石主要岩性为(石英)正长岩,分布于低品位钼矿体

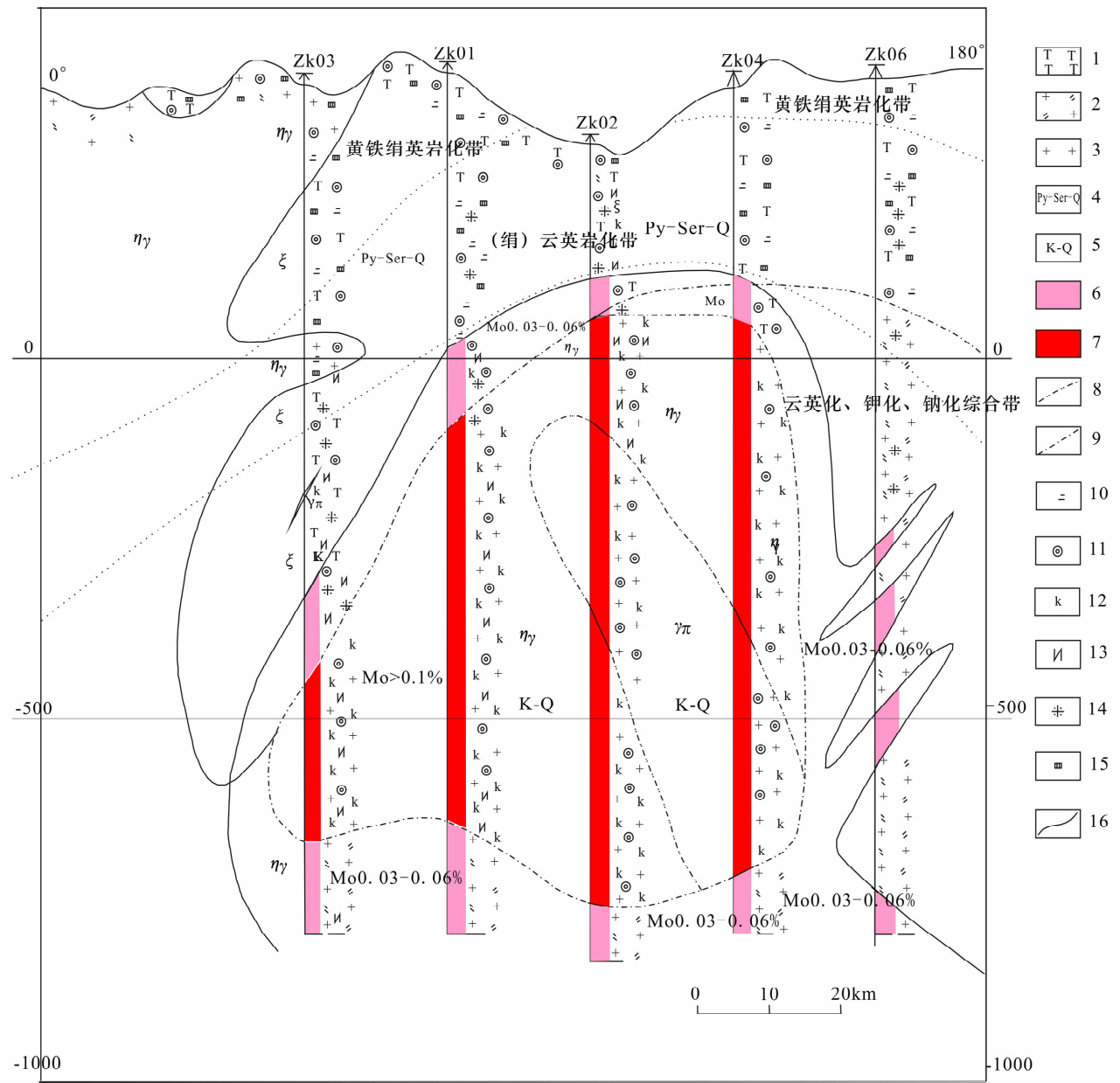


图 1 沙坪沟钼矿 0 线剖面图

Fig. 1 Geological sections along No.0 exploration line of the Shapinggou molybdenum ore deposit

1—(石英)正长岩; 2—二长花岗岩; 3—花岗(斑)岩; 4—黄铁绢英岩化带; 5—钾化—硅化带; 6—低品位矿(0.03% ~0.06%); 7—工业钼矿(>0.06%); 8—实推测地质界限; 9—工业钼矿与低品位矿界线; 10—绢云母化; 11—硅化; 12—钾长石化; 13—钠长石化; 14—云英岩化; 15—黄铁矿化; 16—蚀变分带。

中及其顶板以上 200 ~ 400 m 部位。蚀变矿物主要为石英、白云母、绢云母,少量黑云母、绿泥石、萤石、磷灰石,局部黄铁矿化、钾长石化、钠长石化。钼矿体主要分布于钾化、钠化、云英岩化综合带,该带主要岩石岩性为花岗(斑)岩。蚀变矿物主要为石英、白云母、钠长石,少量钾长石、硬石膏、黄铁矿、绢云母,微量萤石、绿泥石、黑云母、磷灰石等。

(石英)正长岩:浅灰色,略带肉红色,不等粒半自形粒状结构,块状构造。岩石主要矿物为钾长石,次要矿物为石英、黑云母,微量斜长石;副矿物见锆石、独居石、榍石及微量磷钇矿。

钾长石他形粒状 - 半自形板状,粒径范围 0.05 ~ 3 mm,多具条纹,泥化,近地表针铁矿(褐铁矿)化;斜长石半自形板状,粒径范围 0.1 ~ 2 mm,具正边结构,绢云母化;黑云母棕褐色,多金云母化、白云母化,部分绿泥石化并析出金红石;石英呈他形粒状分布于钾长石间,粒径范围 0.1 ~ 2 mm。岩石可见绢英岩化、黄铁绢英岩化、钼矿化,近地表褐铁矿化、黄钾铁矾化(图 2a、2b)。

花岗(斑)岩:浅红色,半自形粒状结构,斑状结构,基质细粒 - 微粒状结构,块状构造。岩石斑晶主要为钾长石、斜长石、黑云母、石英;基质主要为钾长石、石英、斜长石、白云母;副矿物见磷灰石、锆石。

斑晶钾长石半自形板状,部分他形粒状,粒径范围 0.5 ~ 3 mm,多具条纹,弱泥化,见斜长石、石英包体;斜长石自形 - 半自形板状,粒径范围 0.3 ~ 3 mm,有的边缘有钾长石生长;黑云母自形片状,粒径范围 0.2 ~ 1.2 mm,常见绿泥石化,并析出不透明矿物。基质中石英、斜长石半自形粒状、板状;钾长石他形粒状,泥化明显;黑云母褪色。蚀变矿物为石英、白云母、绿泥石、萤石。岩石可见钾化、硅化、绢英岩化、绿泥石化、硬石膏化、钼矿化(图 2c)。

碱长花岗岩矿物组成及结构与花岗斑岩基本一致,仅斜长石含量存在差异(图 2d)。

2.2 不同类型岩浆岩含钼钽特征

本文详细研究沙坪沟钼矿 ZK - 01 及 ZK - 03 钻孔中自上至下不同岩性岩石野外及镜下特征,并分析其钼、钽含量。

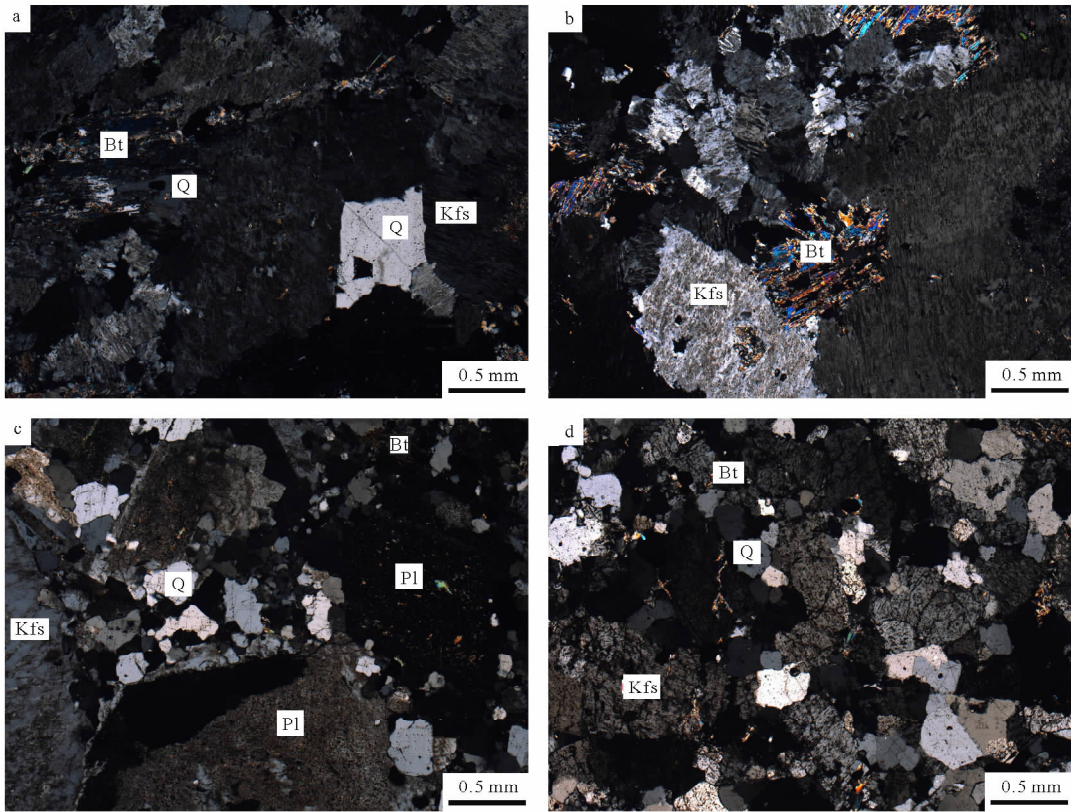


图 2 不同类型岩浆岩样品显微照片

Fig.2 Microphotographs of rock mass

a—石英正长岩具半自形 - 他形粒状结构,其中钾长石具条纹,黑云母白云母化,正交偏光; b—正长岩具不等粒结构,钾长石具条纹,黑云母白云母化并析出不透明矿物,正交偏光; c—花岗斑岩具斑状结构,斑晶中斜长石弱绢云母化,黑云母白云母矿化并析出不透明矿物,正交偏光; d—碱长花岗岩具多斑结构,斑晶为钾长石、石英,基质为石英、钾长石、少量黑云母(视域外),正交偏光。



表1统计了石英正长岩、碱长花岗斑岩、正长岩、花岗斑岩中铌、钽含量,结果显示钼矿体上部石英正长岩及碱长花岗斑岩中铌、钽平均含量明显高于钼矿体中正长岩及花岗斑岩,前者铌平均含量达172.9 μg/g,钽平均含量为10.6 μg/g;而后者铌平均含量为84.5 μg/g,钽平均含量为5.2 μg/g。

表1 不同类型岩浆岩的铌钽含量  
Table 1 Nb and Ta content in different igneous rocks

分析编号	$w_B/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$		分析编号	$w_B/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	
	Nb	Ta		Nb	Ta
ZK3103-Hx 1	178.6	8	D6	71.7	3.4
ZK3103-Hx 30	212.5	19.3	ZK3103-Hx 398	84.9	7.1
ZK3103-Hx 61	143.2	9.4	ZK3103-Hx 571	68.5	4.1
ZK3103-Hx 76	179.8	5.3	ZK3103-Hx 837	102	7.6
ZK3103-Hx 112	162.2	13.9	ZK3103-Hx 259	58.9	0.3
ZK3103-Hx 122	103.1	2.9	313 地质队测试 正长岩平均值	65.6	4.3
ZK3103-Hx 124	140.8	1.6	313 地质队测试 花岗斑岩平均值	140.5	9.4
ZK3103-Hx 222	126.9	0.9	平均值	84.5	5.2
ZK3901-Hx 10	79.1	2.4			
ZK3901-Hx 17	220.6	1.7			
ZK3901-Hx 24	76.6	2.1			
ZK3901-Hx 42	91.0	5.7			
ZK3901-Hx 57	52.6	3.4			
ZK3103-Hx 111	229.1	1.3			
313 地质队测试石英 正长岩平均值	200.9	15.7			
313 地质队测试 碱长花岗岩平均值	203.18	15.6			
平均值	172.9	10.6			

注:测试单位为安徽省地质实验研究所,分析仪器为电感耦合等离子体质谱仪。

本区不同岩浆岩化学成分含量(表2)与中国花岗岩平均值<sup>[10]</sup>相比,相对贫Si(65.31%),富K(5.37%),富Al(15.77%),富Fe(Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+FeO为3.7%),且Fe<sup>3+</sup>多于Fe<sup>2+</sup>,成分接近平均值的成分,总体岩浆岩具富钾富碱特征,与前人研究结果一致<sup>[6]</sup>。岩石属性参数(表3)表明赋存钼矿的岩体为碱质系列岩石,或向钙碱性过渡的岩石,可称之为偏碱性岩石<sup>[11]</sup>。此外在赖特的SiO<sub>2</sub>-A.R(1969)清晰显示同源关系。

2.3 含钼钽矿物特征

以上分析显示钼矿体上部石英正长岩中铌含量明显高于其他岩石,而钽含量普遍不高,故对石英正长岩中不同矿物Nb、Ta含量进行电子探针及单矿物分析,研究其中Nb、Ta的赋存状态(因碱长花岗斑岩在钼矿体上部分布范围小,不对其进行研究)。

电子探针分析测试单位为西安地质矿产研究所实验测试中心,测试仪器为JXA-8100电子探针,检测依据为GB/T 15617-2002。单矿物分析测试单位为安徽省地质实验研究所,测试仪器为电感耦合等离子体质谱仪。

电子探针分析结果见表4,单矿物分析结果见表5,表明不同矿物仅见钼矿化,钽矿化不明显,因此本文主要研究石英正长岩中钼的赋存状态。研究表明含钼矿物主要为金红石即含钼金红石,偶见含钼矿物有残余榍石、钼铁金红石、钼铁矿。本文主要对富钼矿物(即金红石、榍石、钼铁矿)进行了详细矿物学研究<sup>[12-16]</sup>。

2.3.1 金红石含钼钽特征

光薄片中金红石皆为次生,多由榍石蚀变而成,少量由黑云母蚀变而成。

由榍石蚀变的金红石他形粒状、半自形柱状、板状,与次生石英等矿物的集合体呈榍石假象(图3a),有的分布于榍石残余边部(图3b)。薄片呈半透明-不透明;半透明者呈高级白干涉色,光片中反射色灰白色,非均性明显;多数结晶粒小,<0.05 mm,集合体粒径多数0.02~0.1 mm,少量<0.02 mm或0.1~0.2 mm;Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>平均含量为9.224%,Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>平均含量为0.538%(表6);少部分由榍石蚀变的金红石呈透明的针状集合体沿榍石残余边部、解理分布;对于细小针状金红石,因其宽度(短轴)<0.002 mm,无法做电子探针分析。由黑云母蚀变而成的金红石多数呈透明的细小针状包于白云母、金云母、退色黑云母内,对于粒径<0.002 mm者,未做电子探针分析。少量呈半透明的细小他形粒状、自形-半自形柱状、板状分布于黑云母假象边部或包于黑云母假象内(图3c、3d),粒径多<0.005 mm,取其宽度>0.002 mm者进行电子探针测试(表6)。

金红石电子探针分析结果显示由榍石蚀变的金红石Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>平均含量为9.224%,Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>平均含量为0.538%,与此对应由黑云母蚀变的金红石Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量为0.804%,Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量为0.020%(低于有效检出限),表明钼主要富集在由榍石蚀变的金红石中。榍石单矿物化学分析结果(表5)表明榍石本来含钼较高,说明在榍石金红石化过程中,Nb再次富集。

2.3.2 榍石含钼钽特征

榍石是含钼金红石的主要母体,由于大多数已蚀变,在薄片已很难见到,仅个别样品中见少量残余。蚀变后的新生矿物如金红石等集合体多数保留榍石晶形假象(图3a、3e)。榍石半自形-自形菱

形、楔形,多被金红石等矿物集合体交代呈残余、假象。电子探针分析结果(表 7)显示 Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 平均含量为 2.025%,Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 平均含量为 0.009% (远低于可靠检出限值 566 μg/g)。单矿物化学分析结果(表 5)显示其铌钽含量分别为 9810.1 μg/g 和 914.4 μg/g,显然高铌是本区楣石的一大特色。

表 2 不同岩浆岩的化学成分

Table 2 Chemical composition of different magmatic rock

分析编号	w <sub>B</sub> /%													
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	SO <sub>3</sub>	LOI
ZK3103 – Hx1	68.00	16.23	2.81	0.13	0.010	0.094	0.31	5.33	3.49	0.107	0.37	1.33	1.23	3.25
ZK3103 – Hx30	68.03	15.41	3.65	0.23	0.012	0.17	0.47	4.55	2.66	0.102	0.39	1.03	6.38	3.85
ZK3103 – Hx61	64.22	17.38	4.00	0.30	0.013	0.15	0.60	5.67	2.16	0.124	0.37	1.41	7.05	4.61
ZK3103 – Hx76	66.24	16.19	3.76	0.17	0.012	0.072	0.34	5.06	3.70	0.093	0.33	0.70	6.79	3.45
ZK3103 – Hx112	64.27	18.18	2.77	0.21	0.016	0.15	0.33	5.08	5.35	0.095	0.37	0.40	4.98	2.23
ZK3103 – Hx122	74.94	11.91	2.38	0.18	0.012	0.38	0.68	4.65	1.75	0.046	0.21	0.82	4.58	2.64
ZK3103 – Hx124	66.89	12.34	7.77	0.18	0.009	0.37	0.56	4.70	1.74	0.083	0.26	0.14	14.28	5.80
ZK3103 – Hx222	66.89	15.19	3.20	0.21	0.014	0.56	0.43	6.02	5.06	0.105	0.29	0.30	5.25	2.35
ZK3901 – Hx10	62.83	17.18	4.96	0.18	0.004	0.44	0.78	5.04	2.22	0.286	0.66	0.48	10.54	4.80
ZK3901 – Hx17	64.52	14.82	5.73	0.27	0.013	0.48	0.58	5.66	2.71	0.183	0.27	0.54	10.54	4.31
ZK3901 – Hx24	63.24	17.11	2.81	0.44	0.016	0.66	1.18	5.67	5.67	0.203	0.47	0.96	4.48	1.95
ZK3901 – Hx42	59.44	16.59	6.47	0.40	0.013	0.53	0.93	5.39	3.92	0.371	0.48	0.50	13.49	5.21
ZK3901 – Hx57	63.19	17.49	2.80	0.30	0.022	0.71	0.75	5.68	5.42	0.346	0.41	0.36	5.11	2.24
平均值	65.59	15.85	4.09	0.25	0.01	0.37	0.61	5.27	3.53	0.160	0.38	0.69	7.28	3.59
ZK3901 – Hx111	73.26	13.20	2.46	0.17	0.017	0.080	0.27	3.73	3.95	0.067	0.19	0.38	4.33	1.96
ZK3901 – Hx259	73.21	12.25	2.80	0.22	0.016	0.52	0.33	5.36	3.55	0.068	0.15	0.18	4.80	2.09
平均值	73.24	12.73	2.63	0.20	0.02	0.30	0.30	4.55	3.75	0.070	0.17	0.28	4.57	2.03
ZK3901 – Hx398	59.90	16.96	1.93	0.72	0.038	2.72	1.36	6.13	5.28	0.479	0.43	0.12	4.87	3.60
ZK3901 – Hx571	61.89	16.06	0.99	0.63	0.036	2.97	0.95	6.37	5.23	0.269	0.34	0.20	4.47	4.20
ZK3901 – Hx837	60.11	16.56	0.79	1.20	0.110	3.37	1.56	6.65	4.83	0.553	0.54	0.24	2.15	2.89
D6	63.69	17.49	2.39	0.93	0.040	1.54	0.65	5.47	5.47	0.270	0.42	0.62	0.075	0.89
平均值	61.40	16.77	1.53	0.87	0.06	2.65	1.13	6.16	5.20	0.390	0.43	0.30	2.89	2.90
中国花岗岩类平均化学组成 <sup>[10]</sup>	71.63	14.00	1.28	1.75	0.06	1.73	0.88	4.09	3.62	0.090	0.29	–	–	0.58

注：测试单位为安徽省地质实验研究所。SiO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>、LOI 采用重量法；Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Ti 采用比色法；Fe 采用容量法；Ca、Mg、K、Na 采用原子吸收光谱法；SO<sub>3</sub>采用燃烧法。

表 3 岩体属性参数

Table 3 Rock parameter

岩石名称	样品数	特征指数			岩体属性
		CA	σ	A. R	
石英正长岩	13	51 ~ 56	3.43	3.37	皮可克划为“碱钙性岩系”；李特曼划为“弱钙碱性岩系”；赖特划为“碱质系列”
花岗斑岩	2	>61	2.63	5.89	皮可克划为“钙性岩系”；李特曼划为“中钙碱性岩系”；赖特划为“碱质系列”
正长岩	4	51 ~ 56	7.00	3.81	皮可克划为“碱钙性岩系”；李特曼划为“碱钙性岩系”(碱性岩系列)；赖特划为“碱质系列”

表 4 电子探针分析不同矿物中 Nb 和 Ta 平均含量

Table 4 Electron microprobe analysis of Nb and Ta average content in different minerals

项目	w <sub>B</sub> /%												
	钾长石	钠长石	石英	黑云母	金云母	黄铁矿	磷灰石	锆石	独居石	磁铁矿	金红石	楣石	钽铁矿
样品数	2	2	2	3	2	2	2	3	5	2	21	2	1
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03	–	0.00	0.04	0.02	0.02	0.02	0.07	0.02	0.06	5.01	2.03	72.20
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	–	–	0.02	0.04	0.00	0.01	0.00	0.05	0.01	0.02	0.28	0.01	0.89

表 5 单矿物分析不同矿物中 Nb 和 Ta 平均含量

Table 5 Single mineral analysis of Nb and Ta average content in different minerals

分析编号	矿物名称	$w_B/(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	
		Nb	Ta
12L354	锆石	289.2	31.5
12L355	黄钾铁矾	4442.1	276.1
12L356	黄铁矿	46.4	3.8
12L357	长石、石英	37.2	3.1
12L358	金红石	35648.0	2874.1
12L360	榍石	9810.1	914.4
12L361	磁铁矿	78.6	11.8

表 6 金红石电子探针分析结果

Table 6 Electron microprobe analysis of rutile

蚀变类型	分析编号	$w_B/\%$						
		TiO <sub>2</sub>	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	FeO	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	总计	
榍石 蚀变 金红石	12BP269	92.340	4.135	2.353	0.255	—	99.083	
	12BP280	94.363	3.105	1.730	0.073	0.112	99.383	
	12BP269.3	87.861	7.110	3.756	0.349	0.043	99.119	
	12BP269.4	86.180	8.775	3.840	0.396	—	99.191	
	12BP281	80.532	11.935	5.852	0.664	—	98.983	
	12BP274	80.988	11.565	5.955	0.998	—	99.506	
	12BP274	73.919	16.207	7.738	0.781	0.043	98.688	
	12BP283	84.431	10.698	4.708	0.187	0.016	100.04	
	12BP283	88.967	6.360	3.099	0.144	0.053	98.623	
	12BP264.2	93.673	2.753	1.753	0.149	—	98.328	
	12BP264.2	88.293	6.293	3.329	0.736	—	98.651	
	12BP271	83.516	9.985	5.071	0.374	—	98.946	
	D6.1	89.262	6.564	2.930	0.171	—	98.927	
	12BP272.2	94.962	2.758	1.748	0.116	—	99.584	
	12BP272.2	76.663	14.879	6.939	0.924	—	99.405	
	12BP269.1	92.340	4.135	2.353	0.255	—	99.083	
	D4	52.400	29.556	14.225	2.581	—	98.762	
	平均值	84.746	9.224	4.552	0.538	—	99.060	
黑云母 蚀变 金红石	12BP268	98.373	0.215	0.941	—	0.027	99.556	
	12BP268	97.610	0.705	0.989	—	—	99.304	
	12BP264.1	97.837	1.088	0.808	0.045	—	99.778	
	12BP264.1	96.493	1.029	0.476	0.035	—	98.033	
	平均值	97.578	0.804	0.759	0.020	—	99.168	

表 7 榍石电子探针分析结果

Table 7 Electron microprobe analysis of sphene

分析编号	$w_B/\%$											
	TiO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	总计
D6.1	33.372	29.583	25.667	3.605	3.043	2.212	0.675	0.368	0.301	0.282	0.017	99.125
D6.4	35.000	30.006	26.566	1.107	2.957	1.837	0.631	0.385	0.169	0.219	0.000	98.877
平均值	34.186	29.795	26.117	2.356	3.000	2.025	0.653	0.377	0.235	0.251	0.009	—

2.4 铌在各矿物相中的分配

因铌在大多矿物中含量低于检出限,无法对其进行配分计算。铌元素的配分计算需要以下参数<sup>[17]</sup>。

(1) 铌元素在各矿物中的配分量  $c = a \times b$ 。其中  $a$ 、 $b$  分别表示矿物在矿石中的质量分数、矿物中铌元素的质量分数。

(2) 铌元素在各矿物中的相对配分比  $d = c / \sum C \times 100\%$ 。其中  $c$ 、 $\sum C$  分别表示铌元素在各矿物中的配分量、各矿物的配分量总和。各矿物的相对配分比总和为  $100/100 = 1$ 。

(3) 铌元素在各矿物中的绝对配分比  $e = c/f \times 100\%$ 。其中  $c$ 、 $f$  分别表示铌元素在各矿物中的配分量、矿石的实测分析品位。 $e$  为铌元素在该矿物中的绝对配分比。

(4) 铌元素的配分平衡系数  $g = \sum C/f \times 100\%$ 。其中  $\sum C$ 、 $f$  分别表示各矿物的配分量总和、矿石的实测分析品位。

铌元素在各矿物中的配分计算结果(表 9)可以得出以下观点。

(1) 铌元素主要以类质同象替代钛赋集在金红石中,因而回收金红石即能获得铌精矿。

(2) 铌精矿中铌最高品位不会超过 3.565%,铌精矿中铌最大回收率不会超过 75.13%(其他 24.87% 的铌都分散在黄钾铁矾、锆石等其他矿物中)。

(3) 若金红石的回收率达 90% 以上,则铌精矿的理想品位应达  $3.565 \times 90\% = 3.209\%$  以上。

表 8 铌铁矿电子探针分析结果

Table 8 Electron microprobe analysis of hermarmolite

分析元素	$w_B/\%$	分析元素	$w_B/\%$
TiO <sub>2</sub>	4.551	SnO <sub>2</sub>	0.039
Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	72.204	WO <sub>3</sub>	0.204
FeO	12.282	MnO	9.179
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.885	总计	99.344

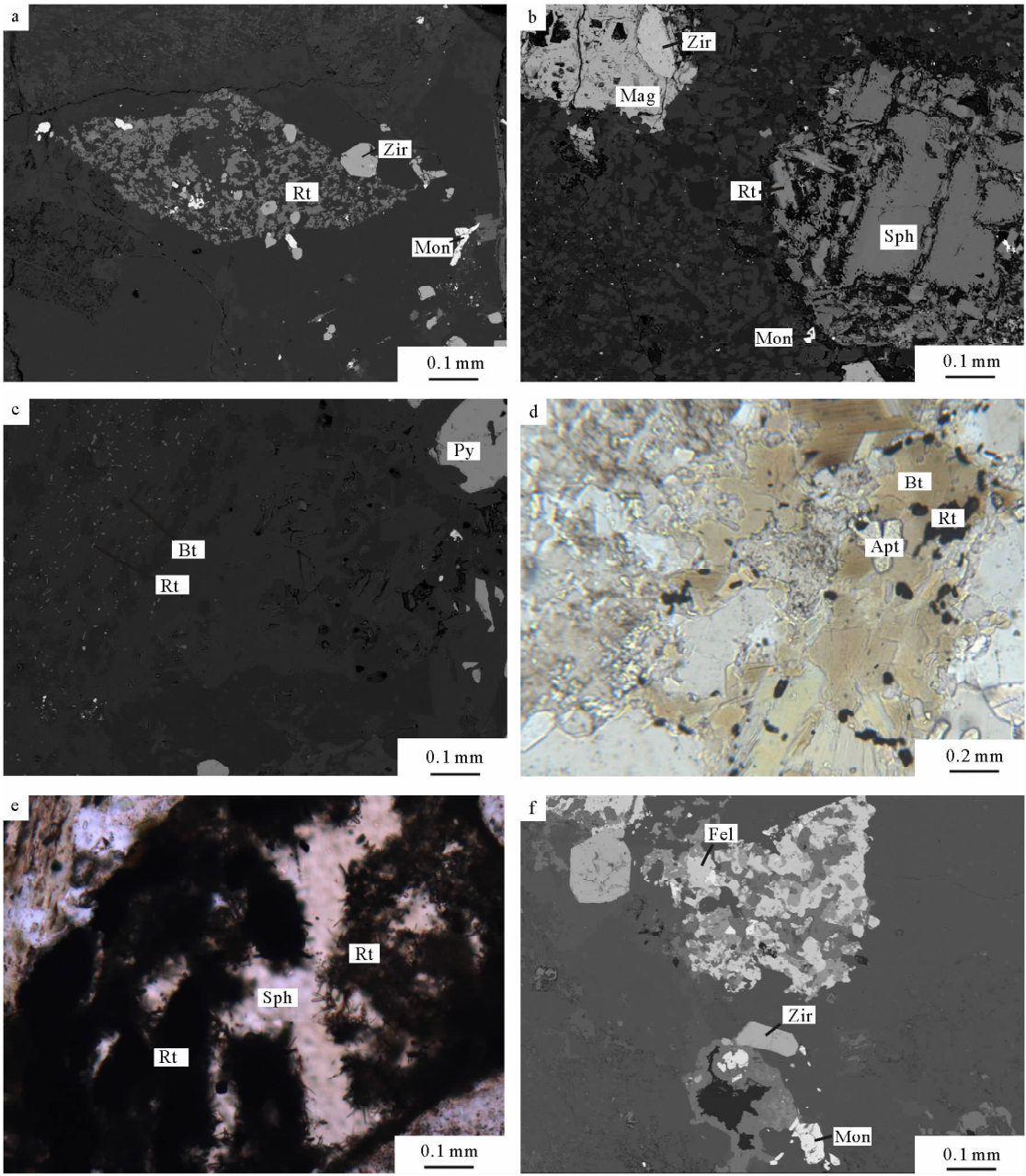


图 3 含钼矿物 BSE 图像及显微镜下照片

Fig. 3 BSE images and microphotographs of rutile

a—金红石他形粒状,集合体呈榍石假象,电子探针 BSE 图像; b—金红石半自形板状,分布于榍石残余边部,电子探针 BSE 图像; c—金红石自形柱状,包于黑云母假象中,电子探针 BSE 图像; d—金红石他形粒状包于黑云母假象中,显微镜下正交照片; e—金红石他形粒状、针状,集合体呈榍石假象,显微镜下正交照片; f—钼铁矿、钼钛铁矿集合体呈榍石假象,电子探针 BSE 图像。Rt—金红石; Sph—榍石; Zir—锆石; Mon—独居石; Mag—磁铁矿; Bt—黑云母; Apt—磷灰石; Q—石英; Py—黄铁矿; Fel—钼铁矿。

3 沙坪沟钼矿钼钽赋存状态基本特征

结合以上分析讨论,可以得出沙坪沟钼矿钼钽赋存状态特征如下。

(1)沙坪沟钼矿体上部石英正长岩中存在钼矿化,钼矿化普遍不明显。钼异常是钼元素矿化或富集引起。含钼矿物主要为金红石,偶见钼铁金红石、钼铁矿、残余榍石。计算不同矿物相中钼分配形式

表明钼主要富集在金红石中,配分比达 75. 13%。钼精矿的理想品位在 3. 208% 以上。

(2)金红石主要由榍石蚀变,少量由黑云母蚀变,集合体分别呈榍石、黑云母假象,钼以类质同象形式替代钛。电子探针数据显示榍石蚀变的金红石中  $Nb_2O_5$  平均含量为 9. 224%,黑云母中  $Nb_2O_5$  平均含量为 0. 804%,表明榍石蚀变金红石为主要含钼矿物。

表 9 铌元素在各矿物中的配分计算

Table 9 Distribution calculation of Nb in different minerals

矿物名称	w/%			铌在各矿物中的配分比/%	
	矿物中铌			相对配分比	绝对配分比
	矿物含量	各矿物中铌含量	配分量/%		
	a	b	c	d	e
黄铁矿	6.84	0.0046	0.000315	1.90	1.82
磁铁矿、赤褐铁矿	0.27	0.0078	0.000021	0.13	0.12
长石、石英等轻矿物	66.05	0.0037	0.002457	14.79	14.21
锆石、磷灰石、独居石等副矿物	0.13	0.0289	0.000038	0.23	0.22
金红石	0.35	3.5648	0.012477	75.13	72.17
黄钾铁矾	0.05	0.4442	0.000222	1.34	1.28
<0.04 mm 泥级	26.31	0.0041	0.001079	6.50	6.24
含量总计(Σ)	100	4.0581	0.016608	100	96.07

注：原岩中铌的实测平均品位  $f=0.017287\%$ ；铌的配分平衡系数  $g=\Sigma C/f\times 100\%=96.07\%$ 。矿物含量为人工重砂测定值，矿物中铌含量为单矿物分析值。

4 结语

本文对安徽省金寨县沙坪沟钼矿区不同类型岩石进行研究。化学定量分析结果显示仅钼矿体上部石英正长岩中存在铌矿化现象，钽矿化不明显，可视 为单一铌矿化。偏光显微镜下薄片鉴定不同类型岩石的矿物组合，未发现独立铌钽矿物，初步推测铌以类质同象替代形式存在于金红石中。单矿物分析及电子探针分析证实这一推测，测试结果表明铌主要赋存于榍石蚀变金红石中，黑云母蚀变金红石中铌含量较低。本次研究表明电子探针分析方法适合分析铌钽元素的赋存状态。

原生铌矿床最低边界品位  $(Ta,Nb)_2O_5$  为 0.05 ~ 0.06%，换算成铌单质为 350 ~ 420 μg/g，且钛在铌精矿中为有害杂质(Ti 含量 < 10 μg/g)，而该区石英正长岩铌平均品位为 172.9 μg/g，低于铌矿的边界品位，且不位于钼矿体内，故不能成为钼矿的伴生矿种采选，不具工业价值。本文的研究意义在于查明了该区铌钽的赋存状态，进而节约了进一步在该区查找铌钽矿的大量费用。

5 参考文献

[1] 张怀东,史东方,郝越进,王波华. 安徽省金寨县沙坪沟斑岩型钼矿成矿地质特征[J]. 安徽地质,2010,20(2): 104-108.

[2] 张怀东,王根节,史东方. 安徽省金寨县沙坪沟斑岩型钼矿床成矿条件及找矿方向初探[J]. 上海地质, 2011,31(Z1): 203-205.

[3] 张怀东,王波华,郝越进,程松,项斌. 安徽沙坪沟斑岩型钼矿床地质特征及综合找矿信息[J]. 矿床地质, 2012,31(1): 41-45.

[4] 于文,倪培,王国光,商力,江来利,王波华,张怀东. 安徽金寨县沙坪沟斑岩钼矿床成矿流体演化特征[J]. 南京大学学报: 自然科学版,2012,48(3): 240-253.

[5] 孟祥金,徐文艺,吕庆田,屈文俊,李先初,史东方,文春华. 安徽沙坪沟斑岩钼矿锆石 U-Pb 和辉钼矿 Re-Os 年龄[J]. 地质学报,2012,86(3): 486-497.

[6] 徐晓春,楼金伟,陆三明,谢巧勤,褚平利,尹滔. 安徽金寨银山钼铅锌多金属矿床 Re-Os 和有关岩浆岩<sup>40</sup>Ar-<sup>39</sup>Ar 年龄测定[J]. 矿床地质,2009,28(5): 621-632.

[7] 黄凡,王登红,陆三明,陈毓川,王波华,李超. 安徽省金寨县沙坪沟钼矿辉钼矿 Re-Os 年龄——兼论东秦岭大别山中生代钼成矿作用期次划分[J]. 矿床地质,2011,30(6): 1039-1056.

[8] 阳珊,张青,袁晓玲,张鹏. 安徽省金寨县沙坪沟钼矿床有益成分及其赋存状态[J]. 安徽地质,2011,21(3): 214-218.

[9] 邵厥年,陶维屏. 矿产资源工业要求手册[M]. 北京: 地质出版社,2012: 217-225.

[10] 黎彤,袁怀雨,吴胜昔. 中国花岗岩类和世界花岗岩类平均化学成分的对 比研究[J]. 大地构造与成矿学, 1998,22(1): 29-34.

[11] 王人镜. 岩石化学[M]. 武汉: 地质学院岩石教研室, 1884: 18-34.

[12] 王汾连,赵太平,陈伟. 钼钽矿研究进展和攀西地区钼钽矿成因初探[J]. 矿床地质,2012,31(2): 293-308.

[13] 陈湘立,金艳辉,谢慈国. 湖南耒阳上堡花岗岩风化壳型钼钽矿床钼钽的赋存状态[J]. 矿物学报,2003, 23(4): 323-326.

[14] 夏建明,陈邦建. 苏州富钼钽花岗岩的物质组成及钽的赋存状态研究[J]. 江苏地质,1999,23(4): 236-240.

[15] 周旻,曾晓建,陈正钱. 江西葛源稀有金属矿床钼钽赋存状态[J]. 江西有色金属,2006,20(4): 1-5.

[16] 王濮,潘兆橹,翁玲宝. 系统矿物学[M]. 北京: 地质出版社,1987: 205-537.

[17] 邱柱国. 矿相学[M]. 北京: 地质出版社,1981: 233-237.



# The Occurrence of Niobium in Shapinggou Molybdenum Deposits, Jinzhai County, Anhui Province

YANG Shan<sup>1</sup>, WANG Bo-hua<sup>2</sup>, WANG Feng<sup>1</sup>, YU Zhen<sup>1</sup>

(1. Anhui Provincial Geological Experiment Institute, Hefei 230000, China;  
2. Geological Survey 313, Anhui Bureau of Geology and Mineral Resources, Lu'an 237271, China)

**Abstract:** During the exploration process of Shapinggou oversize molybdenum deposits, it was determined that partial samples contain 100 – 350  $\mu\text{g/g}$  Nb, but mineralization of Ta is not obvious. Since the exploration work is coming to an end, the focus now is to investigate the occurrence states of Nb and Ta in order to determine if there is a molybdenum associated deposit. In this paper, a study of the samples from the ore district by chemical analysis, thin sections, single mineral analysis and electron microprobe analysis to study the occurrence states of Nb and Ta is described. The contents of Nb and Ta in quartz syenite and alkali feldspar granite porphyry, which is the upper part of molybdenum ore were 172.9  $\mu\text{g/g}$  and 10.6  $\mu\text{g/g}$ , respectively, meanwhile, syenite and granite porphyry are in molybdenum ore were 84.5  $\mu\text{g/g}$  and 5.2  $\mu\text{g/g}$ , respectively by using chemical and spectral analysis. The analysis showed that the mine was a single primary Nb mineralization which mainly happened in the quartz syenite upper molybdenum ore body. No Nb and Ta minerals were observed under the polarizing microscope. The electron microprobe analysis results for single mineral showed Nb mineralization mainly occurred in the rutiles by sphene alteration, and Ta mineralization is not obvious. Rutiles were mainly xenomorphic granular-subhedral plate and grain sizes were less than 0.2 mm. The aggregates showed sphene pseudomorph, and the average content of  $\text{Nb}_2\text{O}_5$  in rutile was 9.224%. The allocation calculations of Nb in various minerals showed that 75.13% Nb were hosted in rutile. Comprehensive analyses showed that the Nb and Ta in Shapinggou Mo deposit were not associated minerals for Mo and have no industrial value since the mineralization was weak.

**Key words:** Shapinggou molybdenum deposit; niobium mineralization; rutile with niobium; sphene