

铼矿物和含铼矿物研究的新进展

武汉地质学院 邵洁涟



岩矿工作

铼是地壳中极少见的稀有元素。它在自然界中的赋存状态至今尚未完全查清。本文就铼矿物和含铼矿物研究的新进展报道如下。

铼具高电负性。晶体属六方晶系,单位晶胞棱长 a_0 为2.760 Å, c_0 为4.458 Å,以4价阳离子最稳定(可成 Re^{+} 到 Re^{7+} 价态)。

铼的地球化学特征人们还知之甚少,仅了解基性岩浆岩含铼比酸性岩浆岩高,伟晶岩比其母岩岩浆含铼多,伟晶岩脉中的铌铁矿、硅铌矿、钽铁矿也含有一定的铼,但以岩浆期后热液阶段最富集。一般认为铼主要富集在铜钼矿床和铜矿床中。A.T.Meyers等1960年报道美国南达科他州的铀钼矿床中有铼产出,在煤矿床中铼最富^[1]。铼在氧化带中受风化作用容易被带走。

最新的研究成果发现了唯一的铼矿物,以产地命名为哲兹卡兹甘矿(Джезказганит, Djezkazganite)。E.M.Поплавко等1962年研究苏联哈萨克斯坦哲兹卡兹甘含铜砂岩型铜矿床中的哲兹卡兹甘矿的分子式为 CuReS_4 ^[2],并于1964年论述了铼在哲兹卡兹甘矿床中的分布规律及其产出形式^[3]。M.П.Делешко等1964年首次用化学分析方法确定哲兹卡兹甘矿是Mo和Re等量的硫化物 MoReS_4 ^[4]。E.A.Косьяк用电子探针确定哲兹卡兹甘矿的分子式为 $\text{Pb}_4\text{Re}_3\text{Mo}_3\text{S}_{16}$,并以X射线研究了该矿物的晶体结构为三方晶系,与辉钼矿相似。

И.Нодлак和В.Нодлак1935年首次人工合成含 $\text{Re}_{0.5} \sim 10\%$ 的辉钼矿,当时未作X射线晶体结构分析,仅以Mo、Re离子半径和原子极化性能相似,从理论上推测 Re^{4+} 与 Mo^{4+} 为类质同象替换关系^[5]。E.Я.Розе和Б.А.Левенев1961年人工合成了 ReS_2 和 Re_2S_7 ,但未作晶体结构分析,首次在实验室合成出 Re^{4+} 和 Re^{7+} 的硫化物^[6]。Э.Х.Хурушудян1981年在50个大气压下合成含 $\text{Re}_{0.5} \sim 20\%$ 的 $(\text{Mo}, \text{Re}_{1-x})\text{S}_2$ 固溶体,与 γ - MoS_2 相近的六方相化合物^[7]。由上可知,自然界中的铼矿物可能是比较复杂的,需进一步深入研究。

近年在瑞士Wallis和意大利Aosta河谷发现一种富铼的钛、铁复杂氧化物,属于尖钛铁矿($\text{Fe}_2\text{Fe}_2\text{Ti}_8\text{O}_{21}$)—铅锰钛铁矿 $[(\text{Pb}, \text{Mn})\text{MnFe}_2\text{Fe}_2\text{Ti}_4\text{O}_{18}]$ 族^[8]。该矿物平均含 ReO_2 达2.63%,具实用意义。矿物不透明,黑色,金属光泽,反光显微镜下显白灰色到乳白灰色,反射率17.5~19.7%,维氏硬度值为1100公斤/毫米²(负荷30克)、1185公斤/毫米²(负荷100克)。实测密度为5克/厘米³,计算密度5.02克/厘米³。电子探针资料确定其晶体化学式为 $(\text{Pb}_{0.87}\text{Sr}_{0.83}\text{Y}_{0.43})_{2.13}(\text{Ti}_{1.44}\text{Fe}_{0.05}\text{Re}_{0.23}\text{Mn}_{0.23})_{20.94}\text{O}_{18}$,属 $\text{AM}_{21}\text{O}_{18}$ 型复杂氧化物。X射线研究定为三方对称,3R空间群,六方晶胞棱长 a_0 为10.44 Å, c_0 为20.82 Å。属于尖钛铁矿—铅锰钛铁矿和六方晶系的磁铁铅矿($\text{PbFe}_{12}\text{O}_{14}$)间的过渡物。

据现有资料,对铼来说,具有工业价值的仍是含铼辉钼矿。由实验资料和含铼辉钼矿来看(表1), Re^{4+} 在辉钼矿中代替 Mo^{4+} 是有限度的(阿尔明尼亚Вардени铜钼矿床的3R多型辉钼矿含Re达1.88%^[9]),即 MoS_2 — ReS_2 固溶体系列为有限类质同象系列。随着铼进入辉钼矿晶格数量的增多,使单位晶胞棱长 c_0 系统的减少, a_0 保持不变。

辉钼矿的晶胞参数与含铼量的关系 表1

矿物名称	Re (%)	a_0 (Å)	c_0 (Å)
辉钼矿	0.0002	3.159	12.303
辉钼矿	0.03	3.159	12.286
辉钼矿	0.16	3.159	12.278
辉钼矿	0.22	3.159	12.271
辉钼矿	0.38	3.159	12.258
辉钼矿	0.47	3.159	12.252
辉钼矿	1.88	3.159	12.241
人工合成 ReS_2	71.33	3.15	12.2

A.C.Фарамазян1961年研究了阿尔明尼亚Каджаран铜钼矿床各矿化阶段辉钼矿的含铼量,早期石英—辉钼矿阶段铼平均含量为0.0321%,中期石英—黄铜矿—辉钼矿阶段为0.0739%,晚期石英—黄铜矿阶段为0.0278%,以中期矿化阶段最富铼。Э.Х.Хурушудян1981年研究了苏联阿尔明尼亚Агарак, Дастакерт, Паргачай和Айгеджр等矿床的辉钼矿(表2、3、4、5),3R—辉钼矿含铼高的占优势。但Каджаран(表6)和Кальмакыр矿床2H—辉钼矿含铼也高达0.15~0.161%,即矿床中铼含量增高与3R—辉钼矿增多有关,个别情况下2H—辉钼矿也含较高的铼。

Агартас 矿床辉钼矿的含铼量

表 2

矿化阶段	Re (%)	样品数	X 射线结果
石英—辉钼矿阶段			
粗鳞片 (脉状)	0.025	1	2 H
粗鳞片 (脉状)	0.026	2	2 H, 2 H
粗—中鳞片 (细脉状)	0.048	1	2 H + 3 R ⁺
中鳞片 (细脉状)	0.044	1	2 H
中鳞片 (细脉状)	0.036	1	2 H
中—细鳞片 (细脉状)	0.032	2	2 H, 2 H
细鳞片 (细脉状)	0.052	2	2 H + 3 R, 3 R > 2 H
细鳞片 (细脉状)	0.024	1	2 H
细鳞片 (细脉状)	0.041	1	2 H
细鳞片 (细脉状)	0.040	2	2 H, 2 H
细鳞片 (细脉状)	0.047	2	2 H + 3 R, 3 R > 2 H
细鳞片 (细脉状)	0.066	3	2 H + 3 R, 2 H + 3 R, 3 R
细鳞片 (细脉状)	0.054	2	2 H > 3 R, 2 H + 3 R
细鳞片 (细脉状)	0.05	1	3 R > 2 H
细鳞片 (细脉状)	0.045	1	2 H
细鳞片 (细脉状)	0.045	1	2 H > 3 R
细鳞片 (细脉状)	0.040	1	2 H
细鳞片 (细脉状)	0.042	1	2 H
细—中鳞片 (细脉状)	0.046	1	2 H
细鳞片 (细脉状)	0.044	1	3 R > 2 H
细鳞片 (细脉状)	0.052	3	2 H, 2 H, 2 H > 3 R
细鳞片 (细脉状)	0.046	1	2 H
石英—黄铜矿阶段			
细鳞片 (细脉状)	0.057	1	3 R + 2 H
石英—黄铁矿阶段			
细鳞片 (细脉状)	0.058	2	2 H + 3 R, 3 R > 2 H
细鳞片 (细脉状)	0.071	1	3 R

另有15件辉钼矿不含铼, 为 2 H, 2 H > 3 R, 2 H + 3 R 或 3 R > 2 H 的辉钼矿。

Дастакерт 矿床辉钼矿的含铼量

表 3

矿化阶段	Re (%)	样品数	X 射线结果
铜—长石阶段			
细脉状	痕	2	2 H, 2 H
细脉状	痕	2	2 H, 2 H
角砾状	0.016	1	2 H
铜阶段			
细脉状	0.019	2	2 H, 2 H
铜—钼阶段 (J)			
细脉状	0.029	2	2 H, 3 R > 2 H
细脉状	0.026	1	2 H
角砾状	0.027	2	2 H + 3 R, 2 H + 3 R
细脉状	0.032	2	3 R > 2 H, 3 R > 2 H
细脉状	0.029	2	3 R > 2 H, 3 R > 2 H
铜—钼阶段 (□)			
细脉状	0.068	2	2 H + 3 R, 3 R, 2 H
细脉状	0.063	3	3 R + 2 H, 3 R + 2 H, 3 R + 2 H

Парагачай矿床辉钼矿的含铼量 表 4

矿化阶段	Re(%)	样品数	X 射线结果
石英—辉钼矿阶段	0.14	1	3R > 2H
	0.0882	1	3R > 2H
	0.0872	1	3R > 2H
	0.0694	1	2H + 3R
	0.0585	1	2H + 3R
	0.0502	1	3R > 2H
	0.0415	1	2H
	0.041	1	2H
石英—辉钼矿—黄铜矿阶段	0.063	1	3R > 2H
	0.0456	1	2H > 3R
	0.0434	1	2H > 3R
	0.0431	1	2H > 3R

Аягдзор 矿床辉钼矿的含铼量 表 5

粒度特征	Re(%)	样品数	X 射线结果
粗鳞片状	0.072	2	2H, 2H
中—粗鳞片状	0.085	2	3R + 2H, 3R > 2H
粗鳞片状	0.13	1	3R > 2H
中鳞片状	0.115	2	3R > 2H, 3R > 2H
中鳞片状	0.1	2	3R > 2H, 3R + 2H
细—中鳞片状	0.125	2	3R > 2H, 3R > 2H
中、粗鳞片状	0.14	3	3R > 2H, 3R + 2H,
			3R > 2H
中、细鳞片状	0.13	3	3R > 2H, 3R > 2H,
			3R + 2H

参 考 文 献

- [1] Meyers, A.T. et al.: 1960, Geol. Surv., Prof. Papers, N400—B
- [2] Поплавко, Е.М. и др.: Докл. АН СССР, 1962, т. 146, № 2
- [3] Поплавко, Е.М.: 1964, Сб. Ренни, М., Изд. АН СССР
- [4] Делешко, М.П. и др.: Вестн. АН Каз. ССР, 1964, № 11

Калджаран矿床辉钼矿的含铼量 表 6

产 状	Re (‰)	样品数	X 射线结果
石英—磁铁矿阶段 细脉型 (细鳞片)	0.026 ~ 0.03	2	2H
石英—长石阶段 细脉型 (粗鳞片)	0.034 ~ 0.041	4	2H
石英—辉钼矿阶段 脉型 (粗鳞片)	0.027 ~ 0.042	26	2H
石英—辉钼矿阶段 细脉型 (粗鳞片)	0.027 ~ 0.049	17	2H
石英—辉钼矿阶段 细脉型 (中鳞片)	0.026 ~ 0.031	5	2H
石英—辉钼矿阶段 细脉型 (细鳞片)	0.019 ~ 0.022	8	2H
石英—黄铁矿—辉钼矿阶段 细脉型 (粗鳞片)	0.124 ~ 0.161	6	2H
石英—黄铁矿阶段 细脉型 (粗鳞片)	0.042 ~ 0.089	8	2H
石英—黄铁矿阶段 细脉型 (粗鳞片)	0.03 ~ 0.042	4	2H
石英—黄铁矿阶段 细脉型 (细鳞片)	0.03 ~ 0.032	3	2H
石英—黄铁矿阶段 细脉型 (细鳞片)	0.032 ~ 0.035	12	2H

[5] Ноддак, И., Ноддак, В.: 1935, Сб. Основные идеи геохимии. М—Л

[6] Роде, Е.Я., Лебедев, Б.А.: ЖНХ, 1961, № 5

[7] Хуршудян, Э.Х.: 1981, С. Политипия минералов как типоморфное свойство 121—243
Ереван Изд. АН Арм. ССР

[8] Sarp, H. et al.: 1981, Neues Jahrb. Mineral Monatshefte, 435—442

[9] Фармазян, А.С., Хуршудян, Э.Х.: Докл. АН Арм. ССР, 1963, № 4

[10] Фармазян, А.С.: Изв. АН Арм. ССР, сер. геол.—географ. наук, 1961, т. 14, № 1

《地质与勘探》征订启事

经国家科委批准,《地质与勘探》从一九八五年起改为公开发刊。该刊主要报道黑色、有色、稀贵金属的矿床地质,成矿规律与成矿预测,找矿勘探方法,地球物理与地球化学探矿,岩矿、同位素测试,教学地质与遥感地质以及钻探技术等方面的研究成果与实践经验。

《地质与勘探》的特点是实践性、实用性,面向生产、面向实际、面向野外,可供广大野外地质工作者,科研人员及院校师生阅读。

每册定价0.40元,全年4.80元。河北省廊坊地区邮电局总发行。全国各地邮局在今年11月份内征订一九八五年刊物。刊物代号18—58。