

# 黑钨矿单矿物中化学组份的多元统计分析及其地质意义

黄维新  
(地矿系)

**提 要** 以福建三保钨矿为例研究了黑钨矿中主要化学成份的统计规律. 提出黑钨矿的纯度指示成矿温度, 黑钨矿中铈、钼含量变化指示矿脉与成矿母岩(矿源)相对距离的认识.  
**关键词** 黑钨矿; 化学成份; 统计规律

福建三保钨矿产于燕山晚期花岗斑岩体与晚侏罗世南园组, 流纹质晶屑凝灰熔岩的内、外接触带中. 属中-高温、热液石英脉型钨钼矿体, 在内带有部分矿体属云英岩型.

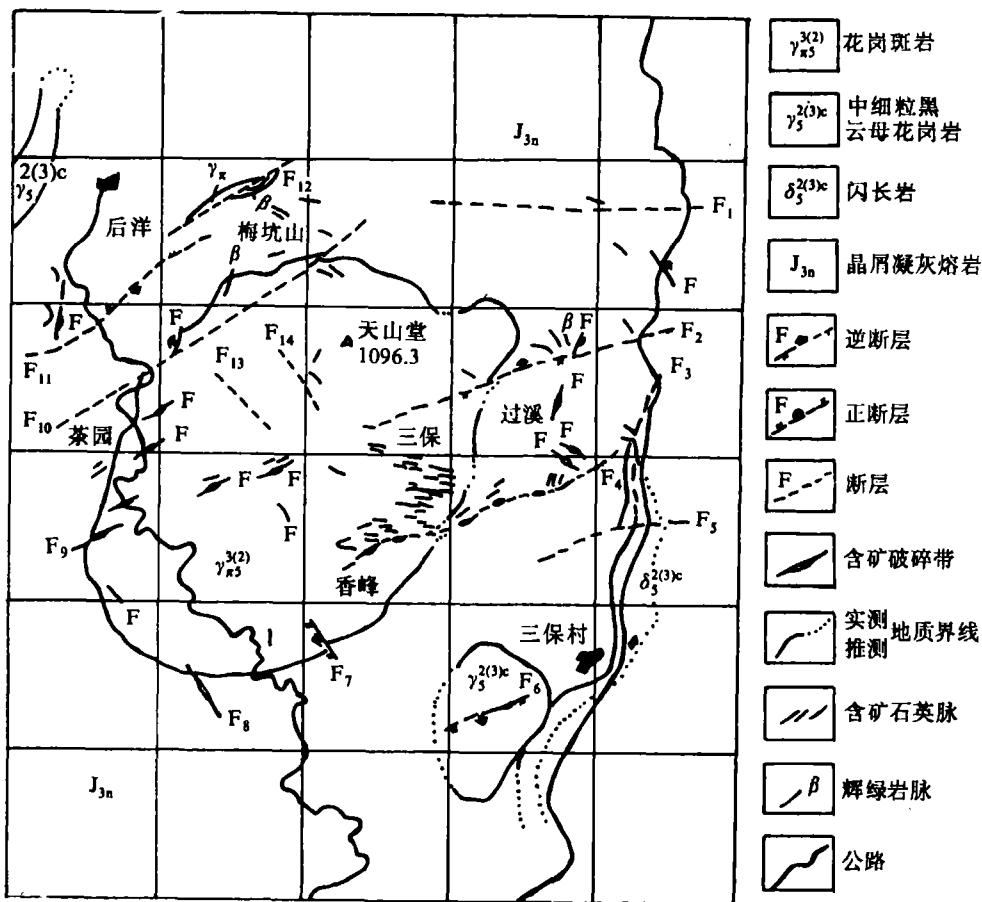


图1 三保钨钼矿床地质草图

本文1991年10月15日收到

本矿由五个矿(化)区组成, 位于内接触带的有三保矿区和茶园矿区, 位于外接触带的有过溪矿区和梅坑山矿区(图 1).

矿石中主要金属矿物有黑钨矿、辉钼矿、白钨矿、闪锌矿、方铅矿、磁铁矿等. 其中黑钨矿常呈薄板状在石英脉两侧星点产出, 一般大小长 0.5~1cm, 宽 5mm 以下. 局部可呈“小砂包”或团块状集合体产出.

## 1 黑钨矿的化学组份

据目前所知, 黑钨矿中常见化学成份有  $WO_3$ 、 $FeO$ 、 $MnO$ 、 $SiO_2$ 、 $Nb_2O_5$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $Sc_2O_3$  等, 其次还有 Al、Mo、Ca、Mg、Cu、Pb、Zn、Sn、Bi、Be、Ti 等元素<sup>(1)</sup>. 作者在三保矿区系统采集了 21 个黑钨矿单矿物样品, 其中采自内接触带石英脉型中的样品有 1~7 号和 19~21 号, 采自外接触带石英脉型中的样品有 8、9、16~18 号, 采自云英岩型中的有 10~15 号样品. 样品中  $WO_3$ 、 $FeO$ 、 $MnO$ 、 $Nb_2O_5$ 、 $Ta_2O_5$  的含量用化学分析方法测定, La、Y 含量用光谱分析测定. 同时用爆裂法测定了黑钨矿样品的爆裂温度. 测定的统计数据见表 1.

表 1 各类型黑钨矿化学成份统计结果

矿型	统计项目	$WO_3$	$FeO$	$MnO$	$Nb_2O_5$	$Ta_2O_5$	La+Y*	$\frac{MnO}{FeO}$	$Nb_2O_5+Ta_2O_5$
外接触带 石英脉型 黑钨矿	平均值	74.56	5.38	18.44	0.218	64.4	92.0	3.48	0.2244
	标准差	0.94	0.67	0.67	0.150	58.5	39.0	0.50	0.156
	变异系数	1.26	12.5	3.6	68.9	90.8	42.4	14.5	69.5
内接触带 石英脉型 黑钨矿	平均值	71.02	8.15	15.94	0.556	97.67	148.9	1.98	0.5686
	标准差	1.93	0.98	0.52	0.198	57.1	39.8	0.22	0.202
	变异系数	2.7	12.0	3.28	35.6	58.46	26.8	10.9	35.5
云英岩型 黑钨矿	平均值	74.32	4.33	19.36	0.42	116	108	4.59	0.4316
	标准差	0.63	0.68	0.79	0.103	40.33	13	0.92	0.104
	变异系数	0.85	15.7	4.05	24.5	34.7	12.1	20.1	24.04
全部黑钨 矿样品	平均值	72.82	6.41	17.50	0.431	93.74	123	3.06	0.4423
	标准差	2.24	1.91	1.66	0.213	54.37	41.8	1.25	0.217
	变异系数	3.07	29.80	9.5	49.4	58.0	33.9	40.7	49.1

\*: 表中仅  $Ta_2O_5$  和 La+Y 含量的单位为 ppm, 其他的均为百分比.

由表 1 可知:

- (1) 本矿的黑钨矿与赣南地区黑钨矿<sup>(1,2)</sup>比较, 具有高锰、富钨、贫钼的特征.
- (2) 黑钨矿中  $WO_3$  含量变化不大, 变异系数仅 3.07%, 说明  $WO_3$  在不同地背景中含量差别很小. 而  $FeO$  的变异系数较大达 29.8%, 由此可指示地质背景变化的特征.
- (3)  $Nb_2O_5$ 、 $Ta_2O_5$ 、La+Y 等稀有、稀散元素的含量很小, 分布更不均匀.
- (4) 按 Boebogurl B H 分类法, 矿区中内接触带石英脉型黑钨矿的  $MnO / (MnO+FeO)$  比值全落入钨铁锰矿范围, 而云英岩型、外接触带石英脉型的黑钨矿则属于钨锰矿类型.

## 2 黑钨矿化学组份的相关性

对采集的 21 个黑钨矿的重要化学成份计算相互之间的相关系数, 并进行模糊聚类分析和 R 型因子分析, 其结果见图 2、3。

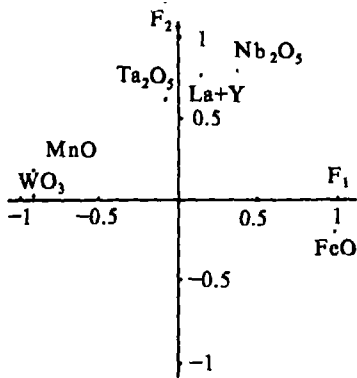


图 2 R 型因子分析  $F_1$ ,  $F_2$  因子投影图

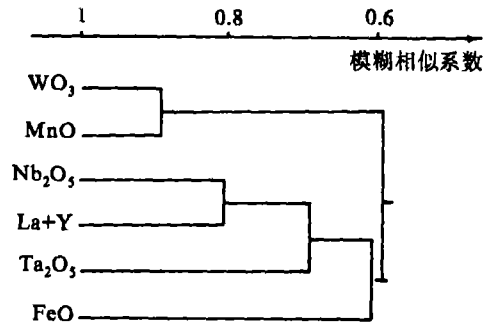


图 3 模糊聚类分析谱系图

由上述各项统计资料可知, 矿区中黑钨矿的主要化学组份的相关性有如下特征。

(1) 黑钨矿中主要成份  $WO_3$  与  $MnO$  成正相关, 而两者均与  $FeO$  呈负相关。这和赣南钨矿中  $WO_3$  与  $FeO$  呈正相关的规律<sup>(3)</sup> 相反。

(2)  $Nb_2O_5$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $La+Y$  三者均呈正消长关系, 尤其  $Nb_2O_5$  与稀土元素  $La+Y$  关系更密切。这和它们都具有弱碱性的地球化学性质相联系。

(3) 模糊聚类分析及因子分析中的  $F_1$  因子, 均将  $WO_3$ 、 $MnO$  和  $FeO$ 、 $Nb_2O_5$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $La+Y$  分属两大类, 呈负相关(图 2, 3)。这是本区黑钨矿组份的主要组合特征。

(4) 初始因子解中的  $F_2$  因子, 为  $Nb_2O_5$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $La+Y$  组合因子, 它们与  $WO_3$ 、 $MnO$  呈弱正相关, 与  $FeO$  是负相关。该因子反映本区黑钨矿的次要化学组份的组合特征。

## 3 统计结果的地质分析

### 3.1 黑钨矿化学组份与成矿温度、矿脉产出的标高的关系

化学组份与成矿温度、产出标高的相关系数见表 2。而成矿温度与矿脉产出标高间的相关系数为 0.313, 即钨矿产出的标高愈高, 它的成矿温度也愈高。特别在三保矿区该规律更明显。另外标高与  $FeO$  的含量呈正相关、与  $WO_3$ 、 $MnO$  呈负相关。

表 2 成矿温度、矿脉产出标高与化学组份的相关系数表

指 标	相 关 系 数							
	$WO_3$	$FeO$	$MnO$	$Nb_2O_5$	$Ta_2O_5$	$La+Y$	$MnO / FeO$	纯度**
成矿温度*	-0.318	0.260	-0.193	0.261	0.214	0.051	-0.232	-0.253
矿脉产出标高	-0.471	0.518	-0.650	-0.096	-0.004	0.100	-0.649	-0.530

\* 成矿温度为黑钨矿单矿物爆裂法测温的数据, 未经压力校正;

\*\* 纯度即黑钨矿单矿物中  $WO_3$ 、 $FeO$ 、 $MnO$  含量的累加和。

事实上，在三保矿区标高 650 米以上的矿脉中硫化物减少，磁铁矿增加，而黑钨矿的爆裂温度也较高，其平均值达 305℃。这可能是  $Fe^{2+}$ 、 $Mn^{2+}$  离子晶体场稳定能不同，具有较大优先能的  $Fe^{2+}$  离子，将优先进入黑钨矿晶体构造中的八面体位置，从而出现于早结晶的高温黑钨矿中。所以高温的黑钨矿中  $FeWO_4$  含量增高。

还应指出，本矿的黑钨矿成矿温度与纯度呈负相关关系(图 4)。它揭示了黑钨矿中“杂质元素”的多少与温度是呈正相关关系。这表明在高温条件下更有利于“杂质元素”进入黑钨矿的晶格中。

可以认为，黑钨矿中的  $FeWO_4$  含量和纯度的高低，可反映成矿温度高低的变化的。

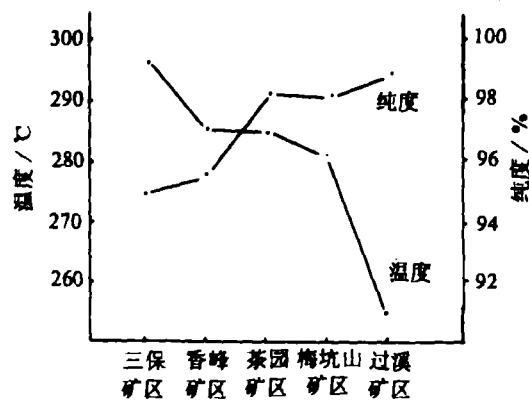


图 4 黑钨矿成矿温度与化学纯度关系曲线 (纯度、温度均为各矿区中平均值绘制)

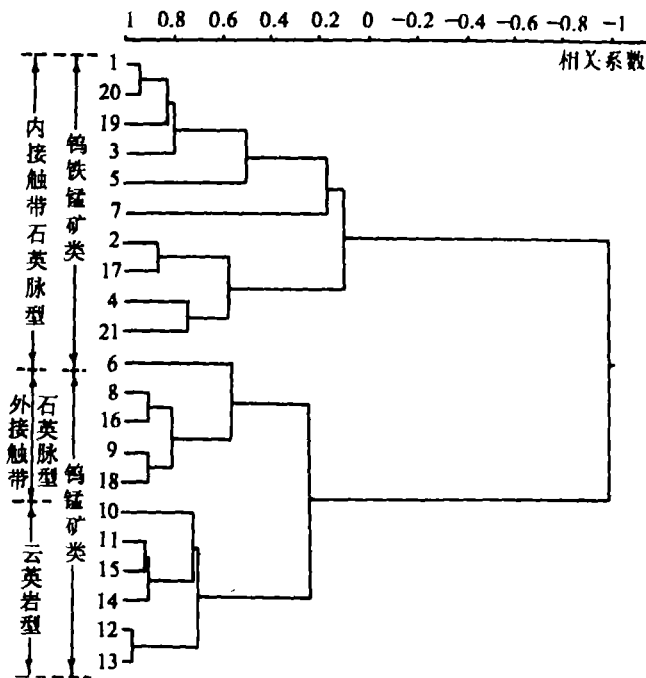


图 5 Q 型点群分析谱系图(号码为矿脉编号)

### 3.2 黑钨矿中化学组份与矿液中硫、氧离子的浓度的关系

将 21 个黑钨矿样品用  $WO_3$ 、 $FeO$ 、 $MnO$ 、 $Nb_2O_5$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $La+Y$  作变量，进行 Q 型聚类分析，结果如图 5。

由谱系图可将样品分为两大群三大类。第一群的样品属钨铁锰矿类, 另一大群的样品属钨锰矿类。而三大类样品恰好对应于内接触带石英脉型、外接触带石英脉型和云英岩型。这反映了黑钨矿的化学组份特征受成矿环境和矿液性质控制。

据野外观察, 外接触带和云英岩型矿脉中, 金属硫化物黄铁矿、闪锌矿、辉铋矿等含量增多。这表明成矿时矿液中硫离子浓度较大, 有利于金属硫化物的生成。因而外接触带和云英岩型的黑钨矿的矿物种, 绝大多数属于钨锰矿类。在内接触带的矿脉中, 金属硫化物相对减少很多, 仅出现一些辉钼矿, 而且随着标高的增加含量也逐渐减少。这表明成矿时矿液中游离氧的浓度大于硫离子的浓度。矿液中的  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$  离子主要形成  $\text{FeWO}_4$  和  $\text{MnWO}_4$  分子, 组成钨铁锰矿或钨铁矿。

上述现象表明成矿条件(温度)的变化和矿液中硫和氧浓度的比例变化, 是控制黑钨矿中锰铁含量变化的主要因素。当然,  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$  离子的晶体场稳定能大小, 也影响它们黑钨矿的先后和多少。

### 3.3 黑钨矿中 $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 含量的变化和矿液运移距离之间的关系

(1) 按  $F_1$  因子得分值大小, 可将 21 个样品划分两群。  $F_1$  因子得分高的有 1~7 号和 17、19、20、21 号样品为一群, 由于  $F_1$  因子是  $\text{FeO}^{(+)}$ 、 $\text{WO}_3^{(-)}$  和  $\text{MnO}^{(-)}$  的组合, 故该群的样品进入  $\text{FeO}$  较多, 均属于内接触带石英脉型的钨铁锰矿类。而  $F_1$  因子得分低的 8~14 号和 18 号样品为一群, 则是外接触带石英脉型和云英岩型的钨锰矿类。这与 Q 型聚类分析的结果是一致的。

(2) 以  $F_2$  因子得分值来划分,  $F_2$  因子得分大的大部分是内接触带石英脉型中产出标高较低的黑钨矿, 如 1、3、4、5、19 和 21 号样品。而外接触带、云英岩及内接触带产出标高较高的黑钨矿样品, 都集中在  $F_2$  因子得分的负方向。由于  $F_2$  因子为  $\text{Nb}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{La}+\text{Y}$  组合的因子, 因此这个统计规律, 反映了黑钨矿中铌钽含量变化与矿脉产出位置的关系, 即矿液运移距离远近的关系。

## 4 几点认识

(1) 三保矿区黑钨矿的纯度与其爆裂温度呈负相关。因此, 纯度可以作为成矿温度的标型特征。并能直观地反映黑钨矿中进入杂质的相对多少。

(2) 黑钨矿中主要化学成份  $\text{FeO}$ 、 $\text{MnO}$  含量及其比值的变化, 主要受成矿条件(矿液中硫、氧浓度的比值, 结晶温度)所控制。而成矿条件的不同, 在本矿表现为矿床类型的差异。所以应用黑钨矿中化学成份进行多元统计分析有助于矿床类型的划分。

(3) 黑钨矿中铌、钽含量的变化, 主要取决于黑钨矿结晶时矿液中铌、钽离子的浓度。而其浓度的变化, 则表现出随着远离成矿母岩, 铌、钽含量逐渐降低的规律。因此黑钨矿中铌、钽含量的变化, 可作为指示矿脉距成矿母岩(或矿源)相对距离的标型特征。

### 参考文献

- 1 王成发. 赣南脉钨矿的地球化学特征. 矿床地质, 1984, 3(2)
- 2 章崇真. 江西钨矿床中黑钨矿化学成份的时空变化特征. 地质与勘探, 1982(2): 1~12
- 3 孙南圭等. 南岭黑钨矿化学组分的统计分析及其地质意义及矿化类型的统计预测. 中国科学院南京地质矿产研究所所刊, 1984, 5(3): 3~19

## Multivariate Statistical Analysis of Chemical Constituents in Monomineral Blumite and Its Geological Significance

Huang Weixin

(Department of Geology and Mining Engineering)

**Abstract** Taking the tungstun ore in Sanbao of Fujian Province for example, this paper researches on the statistical regularity of the main chemical constituents in blumite, and proposes the knowledge that the purity of blumite can show its minerogenetic temperature and the variation of the Nb and Ta content in blumite can indicate the relative distance between the mineral vein and the minerogenetic rock.

**Keywords** blumite; chemical constituent; statistical regularity