栗木钽铌钨锡矿床的地球化学异常模型

李 惠 张茂忠 陈新政 陈 虎 郑开森

区域地质概况

栗木矿田位于广西恭城向斜扬起端。区内出露地层有寒武系浅变质砂岩、粉砂岩、板岩，泥盆系砾岩、砂页岩、灰岩，下石炭统硅质页岩和灰岩。岩浆岩为花岗岩，呈岩株状，沿近南北向断裂侵入，地表出露面积约1.5平方公里。钻探表明，在矿田的约100平方公里范围内，在负200米标高，可能为一大的隐伏岩基。花岗岩属燕山早期产物，据同位素年龄，划分为三个幕：第一幕，185～196百万年，为细粒斑状锂白云母花岗岩；第二幕，174百万年，为白云母花岗岩；第三幕，160百万年，为花岗岩。

钽铌花岗岩矿床产于区内岩浆分异演化晚期侵入的第三幕花岗岩顶部及其边缘凸起部位，如老虎头含矿花岗岩株出露地表；水溪庙含矿花岗岩凸起隐伏于下石炭统和泥盆系灰岩、大理岩之下（埋深300米左右）；金竹源含矿花岗岩凸起隐伏于寒武系砂页岩之下（埋深350～600米）。脉状钨锡矿产于钽铌花岗岩前缘围岩中（离凸起顶端100～200米）和第二幕花岗岩体内带。钽、铌、钨、锡的富集成矿与岩浆的分异演化和钠、氟的富集交代作用有密切关系。矿床具有明显的垂直分带，属于岩浆演化晚期结晶分异交代—高温气液矿床。

矿床的某些地球化学特征

（一）岩浆岩演化过程中元素的变化趋势及其与成矿的关系

在岩浆分异逐次侵入发展过程中，即从早期第一幕→第二幕→晚期第三幕，钠长石、黄玉逐渐增多。含矿性由不含矿→含钨、锡矿→含钽、铌、钨、锡矿。第三幕花岗岩以富含钠长石、黄玉和钽、铌矿为特征。含钽铌花岗岩在晚期结晶分异交代过程中形成了三个相带：从下至上依次是少钠长石黄玉花岗岩→钠长石黄玉花岗岩→富钠长石黄玉花岗岩。钽铌从下至上逐渐富集，钠长石、黄玉含量逐渐增加，钾长石、更长石减少。

1. 岩石化学成分的变化趋势

（1）与中国花岗岩平均成分相比，本区花岗岩的特点是SiO_2、Na_2O、F、P_2O_5、Na_2O/K_2O、$Na_2O/(K_2O+Na_2O)$、Na_2O/CaO偏高、TiO_2、Fe_2O_3、FeO、MgO、CaO、K_2O偏低。

（2）区内花岗岩从早至晚（从第一幕至第三幕）元素变化规律是：SiO_2、Na_2O、P_2O_5、Na_2O/K_2O、Fe_2O_3/FeO、Na_2O/CaO逐渐增加，由$Na_2O<K_2O$→Na_2O K_2O，$Na_2O/(K_2O+Na_2O)$由0.5→0.5，TiO_2、FeO、MgO、CaO逐渐减少。

（3）含矿花岗岩的化学成分特征是，含钽、铌、钨、锡的第三幕花岗岩与不含矿的第一幕花岗岩相比，前者富SiO_2、Na_2O，Na_2O/K_2O、Fe_2O_3/FeO、$Na_2O/(K_2O+Na_2O)$偏高，$Na_2O>K_2O$，而FeO、MgO、CaO、TiO_2低。含钨、锡的第二幕花岗岩与不含矿的第一幕花岗岩相比，富SiO_2、Na_2O、CaO，Na_2O/K_2O、K_2O+Na_2O偏高，与含钽铌花岗岩相比，MgO、FeO、CaO、K_2O偏高，K_2O Na_2O，Al_2O_3、Na_2O、Fe_2O_3/FeO偏低。

含钽铌花岗岩从下至上部，即从少钠长石化→钠长石→富钠长石花岗岩：水溪庙、金竹源的SiO_2和金竹源、老虎头的$Na_2O(K_2O+Na_2O)$有增高的趋势。

2. 岩石中微量元素含量特点及其变化趋势（表1）

（1）本区花岗岩中，Ta、Nb、W、Sn、Li、Ge、As、Ag、F普遍高于其克拉克值及花岗岩平均值的几至几十倍，其中F、Sn、Nb_2O_5比其克拉克值高3倍以上，W和Ta_2O_5高10倍以上，Li高5～10倍。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

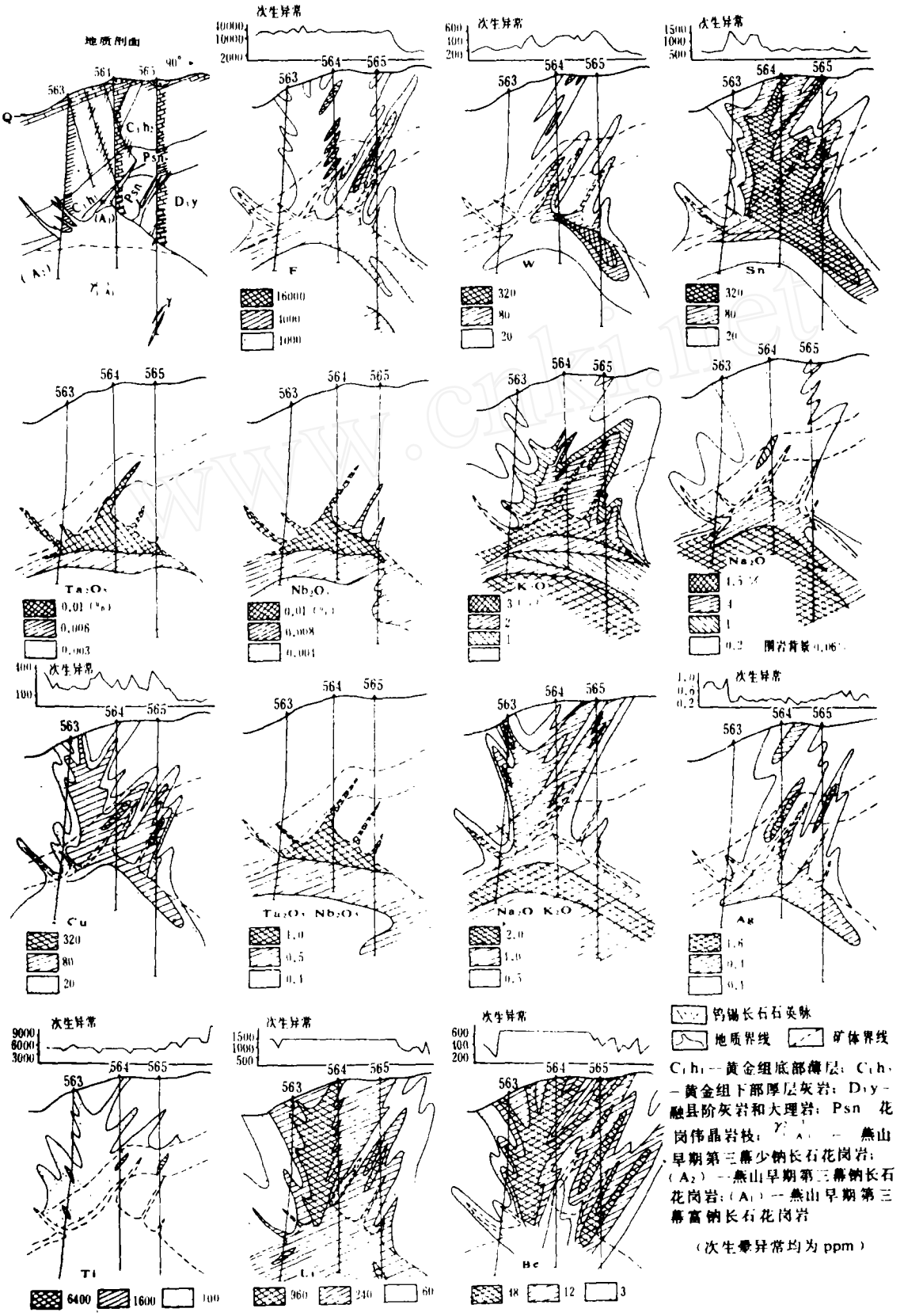


图 1　水溪庙钽铌钨锡矿床 2 号剖面地化异常图

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

栗木矿区岩浆岩中微量

侵入期		地点	岩石名称	成矿元素						伴		
				Ta_2O_5	Nb_2O_5	$\frac{Ta_2O_5}{Nb_2O_5}$	Sn	W	Sn/W	Li	Be	Ge
燕山早期	第三幕	金竹源	富钠长石锂白云母花岗岩	158	115	1.37	63	18	3.5	369	3	6.5
			钠长石花岗岩	66	79	0.84	40	13	3.08	232	2.1	3.3
			少钠长石花岗岩	80	117	0.68	39	16	2.44	215	3	3.0
		水溪庙	伟晶岩（壳）	188	138	1.36	1350	79.3	17.02	149		
			富钠长石钽黑鳞云母花岗岩	104	114	0.91	1130	103	10.97	450	3	2.9
			钠长石铁锂云母花岗岩	55	82	0.67	293	103	2.8	478	3	4.3
			少钠长石锂白云母花岗岩	44	73	0.6	92	317	2.9	298	3	3.9
		老虎头	层状似伟晶岩	327	214	1.53	3300	79.3	42	100	3	
			富钠长石锂白云母花岗岩	125	110	1.14	2050	19	108	79	3	4.3
			钠长石黑鳞云母花岗岩	67	94	0.71	930	5.6	166	127	3	4.8
			少钠长石钽黑鳞云母花岗岩	57	97	0.59	240	6.3	38	165	3	2.3
		金水老平均	富钠长石花岗岩	127	113	1.12	526	33	16	231	3	3.74
			钠长石花岗岩	62	85	0.73	222	20	11	273	1.6	4.3
			少钠长石花岗岩	59	94	0.63	95	15	6.33	231	<3	3.13
	第二幕	牛坑	云英岩化花岗岩	36	105	0.34	2165	1580	1.37	1021	6.9	5.3
			锂白云母花岗岩	56	100	0.56	180	79.3	2.27	524	2.1	3
	第一幕	泡水岭	绢云母化花岗岩				41			875	1.2	3
			细粒斑状锂云母花岗岩	34	71	0.48	360	103.1	3.49	531	5.3	1.9
华南燕山早期花岗岩（南京大学）				7.15	40	<0.18	25	7.6	3.29	41	9.8	
克拉克值				3.05	28.61	0.11	25	1.3	1.92	32	3.8	1.4
花岗岩（维）				4.27	28.61	0.15	3	1.5	2.0	40	5.5	1.4

注：K_2O、Na_2O、Ta_2O_5、Nb_2O_5、W、Sn、Cu、Li、Ti、Mn、As为定量分析，其余为半定量分析（老虎头、水溪

本区花岗岩中Ta、Nb、W、Sn、Li、Zn含量均高于华南同期花岗岩几倍至十几倍，其中Ta_2O_5高7倍，Nb_2O_5高2倍以上，W、Sn高3倍以上，Li高10倍以上，反映了成岩成矿的亲缘性与继承性。这是成矿的先决条件，也是评价岩体含矿性的重要标志。

（2）在岩浆从早到晚的演化过程中，Ta、Nb、W、Sn、As、Cu、Ag、Pb及Sn/W、Ta_2O_5/Nb_2O_5有明显增高的趋势，并倾向于在岩浆演化晚期富集成矿。

（3）当富含Ta、Nb、W、Sn及其携带剂F的晚期岩浆向上侵入时，在有利的构造部位形成局部凸起，在凸起垂深100～200米范围内，成矿元素和伴生元素发生明显分异，Ta_2O_5、Nb_2O_5、W、Sn、Cu、Mo、Bi、F逐渐向顶部富集于富钠长石化带及花岗伟晶岩岩枝内，形成钽、铌富矿体，Ta_2O_5 Nb_2O_5、Sn W逐渐增大。

（4）含矿岩体中的微量元素，与钽、铌（钨、锡）有关的花岗岩，以富含F、Ta、Nb、Sn、Li、Cu、Ag组合为特征；与钨、锡有关的花岗岩则以富含F、W、Sn、Li、Cu为特征。

（二）矿体中的元素组合特征

1.钽铌花岗岩矿床中的矿物有50余种，主要

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

元素含量特征（ppm） 表1

生元素								控矿元素					携带剂
Bi	As	Mn	Cu	Mo	Pb	Zn	Ag	K_2O%	Na_2O%	K_2O+Na_2O	Na_2O/K_2O	Ti	F
11	95	1495	46	3.4	74	100	1.8	1.25	2.82	4.07	2.26	47	3017
<10	83	806	18	2	40	58	0.5	2.21	4.55	6.76	2.06	27	1374
<10	173	1139	18	2.2	46	80	0.8	3.27	3.14	6.41	0.96	49	703
24		256	17	<3	95	<100	0.47	5.13	2.31	7.44	0.45	25	1673
11	178	1249	34	1.9	22	61	0.43	2.84	4.1	6.85	1.44	25	4811
6.1	267	1388	22	1.4	21	73	0.48	2.35	4.81	7.16	2.05	22	6899
5.5	200	1185	18	1.6	21	43	0.27	2.54	5.05	7.59	1.99	20	3981
1.8		197	65	<3	7	<100	0.49	4.91	1.15	6.06	0.23	21	392
13	130	890	193	4.7	31	31	2.87	3.13	2.93	6.06	0.94	38	1024
6.4	95	971	103	2.1	24	34	0.69	3.23	3.85	7.08	1.19	27	1119
6.5	55	1107	69	1.9	30	58	0.54	3.56	3.61	7.17	1.01	33	532
12	144	1149	65	2.9	31	53	1.03	2.56	3.44	6.0	1.34	30	2657
6	156	1125	36	1.7	24	54	0.55	2.58	4.43	7.01	1.72	24	2875
5.7	127	1157	29	1.8	27	53	0.41	2.97	4.17	7.14	1.4	28	1525
22	20	3704	600	4.9	22	393	5.04					207	6104
8	11	1017	37	2.21	12	76.5	0.26	4.6	3.44	8.0	0.75	78	3953
7.3	3.9	1123	20	1.6	11	76.5	0.07					81	1100
4.9	4.1	928	18	1.6	14	55.5	0.14	4.6	2.56	7.16	0.56	110	3228
			16	2.3	21.5	14.2							
0.009	1.7	1000	47	1.1	16	83	0.07	3.01	3.37	6.38	1.12	4500	660
0.01	1.5	600	20	1	20	60	0.05	4.02	3.73	7.73	0.93	2300	800

庙、Ta、Nb、Sn为271队统计资料）。

是锰钽铌铁矿、细晶石、铌铁矿、锡石、黑钨矿、钨锰矿、白钨矿等；次要矿物有富铪锆石、毒砂、黝锡矿、黄铜矿、闪锌矿等；脉石矿物为长石、石英、钠长石、黄玉、铁锂云母、白云母、萤石、电气石等。特征元素组合是Ta、Nb、W、Sn、As、Bi、F、Li、Cu、Ag、Mo。矿体中F—Ge、Ta—Sn相关。

2.脉状钨锡矿床，以水溪庙为例，矿床产于钽铌花岗岩上部外带的灰岩中，严格受裂隙构造控制。主脉带由长石－石英脉组成，两侧见较多的锂云母、萤石细脉。主要金属矿物有锡石、钨锰铁矿、黝锡石，其次是毒砂、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿和白钨矿；脉石矿物为石英、长石、方解石、萤石、白云母（锂云母）、绢云母等。矿体中的微量元素与钽铌矿床有继承性，除W、Sn外，Bi、As、Cu、Ag、Zn、Be、F含量也很高。元素组合为W、Sn、Ta、Nb、F、As、Bi、Ag、Cu、Be、Zn、Mn。

产于花岗岩内带的脉状钨锡矿床，在石英脉两侧的花岗岩中见明显的云英岩化边。金属矿物主要为黑钨矿、锡石，次为毒砂、黝锡矿、黄铁矿等。云英岩化边内有黄玉、萤石、白云母、黄铜矿、闪锌矿。元素组合为W、Sn、Bi、Cu、Ag、As、F、Li，其中Cu、Sn、Bi、Li、F

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

含量低于水溪庙。

地球化学异常分带特征

（一）矿床的垂直分带特征

栗木矿床垂直分带明显，从上而下分为六个带：（1）萤石—锂云母细脉带及长石脉带（间有钨锡长石—石英脉、石英脉），是矿床的最外带；（2）钨锡长石—石英脉、石英脉带（间有萤石—锂云母细脉），是含Ta、Nb的隐伏花岗岩上部围岩中W、Sn最富集的部位（上部钨锡矿）；（3）花岗伟晶岩、花岗岩脉带，为含钽铌花岗岩顶部的支脉，其中Ta、Nb最富；（4）花岗岩凸起顶部的富钠长石花岗岩带，是Ta、Nb的最大富集部位；（5）钠长石花岗岩带，钽铌矿化变弱，钠长石、黄玉比上带减少；（6）少钠长石花岗岩带，Ta、Nb一般达不到工业要求。

（二）地球化学异常特征

富含Ta、Nb、W、Sn、F、Li、Bi、B及K、Na、Si的岩浆，在其晚期演化与成矿过程中，Ta、Nb除在岩体顶部富集成矿外，还与其他活泼或易挥发的元素一起，在矿体前缘几百米范围内形成宽阔的原生晕异常带。由图1可见，F、W、Sn、Li、Be、Cu、Ag、S在矿体前缘具有明显的中内带或中外带异常；在距矿体200～300米的地表，异常显示也极清晰，而以F最突出。Be、Ti异常仅见于矿体前缘，矿上并无异常。W、Sn以第二带异常最强。K_2O、Na_2O在岩体上部的灰岩中仍有>0.2%的异常，K_2O、Na_2O>1，Ag（中带）、As、Bi、Mo、Mn（外）通常只在前缘100～200米以内出现，Ge、Pb异常仅见于矿体上部。

总体上，矿体前缘晕极发育，明显受断裂、裂隙控制。异常是以渗滤为主的方式形成的，向矿脉两侧扩散距离小，宽度约不超过20厘米，F、Li、Be的扩散距离稍大，一般不过50厘米。异常中相邻点之间元素变化梯度很大，中内带异常呈条带状，多中心，但在矿脉中仍可形成宽阔的异常带。

（三）不同标高异常中元素几何平均值、比值的垂直变化规律

1.由矿体最远程的前缘带（萤石—锂云母细脉带）→近矿→矿体→矿体尾部，Mo含量依次增高，Be降低。

2.以花岗岩为中心，多数元素向上（前缘外三带）、向下（矿体内三带）具明显的变化规律。前缘外三带的垂直变化参数对寻找含矿隐伏花岗岩体，内三带对评评矿体剥蚀深度，具有重要意义。

前缘内三带从上到下，即从第一带到第三带，Ti、Mn、Cu、Zn、Ag逐渐升高，Li/W、Li/Sn、(W+Sn+Be+Li)/F降低。W、Sn、Li、F、Bi、As、W+Sn+Be在第二带钨锡长石石英脉（上部钨锡矿）带最多，向上、向下降低。

内三带中，从矿体上部富钠长石→钠长石→少钠长石花岗岩，Ta、Nb、W、Sn、Be、Li、Cu、Pb、Zn、Ag、(W+Sn+Be+Li)/F、Sn/W逐渐降低，Ge、As在矿体中部高，Li/W、Li/Sn逐渐升高。

（四）水溪庙钽铌钨锡矿床不同标高单矿物中杂质元素含量的变化规律

1.萤石　Li、Bi、As、W、Sn、Ga含量高，从矿体中下部→矿体头部→上部远离矿体200～300米的前缘，Sn、Ga、Li、Zn、Cu、Li/Be逐渐升高，Pb降低（表2）。

2.黝锡矿　除Sn、Cu外，还是Ag、As、Bi、Pb、Zn的携带矿物，从矿体中下部→头部→前缘，Bi、Be、F升高，Pb、Pb/Ag降低

3.锡石　含Ta、Nb高，从矿体中上部→头部→前缘远离矿体，Ta_2O_5、Nb_2O_5及Ta_2O_5/Nb_2O_5减低，这与汽液中Ta、Nb的迁移能力及浓度有关。

（五）矿床地球化学异常分带的理想模式

栗木钽铌钨锡矿床的地球化学异常，自上而下可分为五个带（图3）：

1.远程前缘异常带　离隐伏含钽铌花岗岩250～300米，相当于萤石—锂云母细脉带及长石脉带，是钽铌花岗岩矿体的远程前缘　元素组合是：Be、Li中内带，F、W、Sn中外带，Cu、Ag、B外带　异常中Li/W　20，Li/Sn　5

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

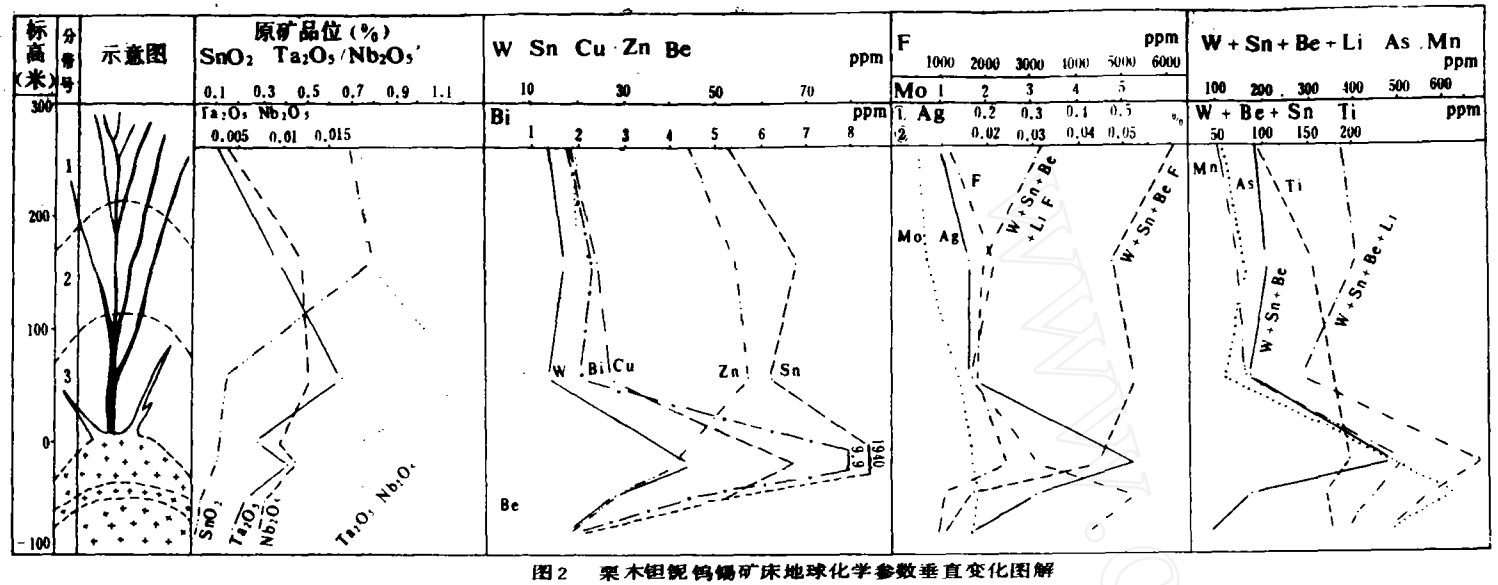


图2 栗木钽铌钨锡矿床地球化学参数垂直变化图解

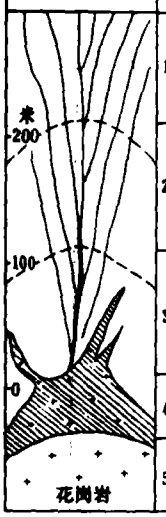
①为(W+Sn+Be+Li)/F；②为(W+Sn+Be)/F

水溪庙不同标高单矿物（萤石、黝锡矿）元素含量对比表 表2

地点	矿物	元素 / 标高	单矿物中元素含量(ppm) Cu	Mo	Pb	Zn	Ag	W	Bi	Sn	Be	Ge	Ga	Tl	As	F	Li	S	K_2O	Na_2O	Li/Be	W/Bi	Pb/Ag	
水溪庙	萤石	295米	41.5	1	14.5	360	0.69	10	1.50	1298	1107	1.50	31.9	8.8	82	40043	3183	0.011	2.7	0.9	2.88	6.67	21	矿体中前缘
		215	51	1.8	13.4	780	1.40	22	8.20	1500	1500	1.50	32.2	16.0	28.8	35820	2649	0.04	3.8	0.59	1.77	2.68	9.57	矿体前缘
		15	18	2.95	14.6	75.8	0.69	39.5	2.20	542.6	1176.1	1.50	11.9	6.4	178.7	52100	1313	0.017	2.8	0.57	1.03	18.00	21.00	矿体头部
		-25	14	2.5	25	50	0.63	10	1.50	130	1500	1.50	3.0	3.5	200	190000	525		1.8	0.17	0.35	6.67	40.00	矿体下部
水溪庙	黝锡矿	295	15000	5.7	58.7	15000	45	10024	1227	1500	47.4	1.50	37.8	3.5	219	2220	46	26.3	0.04	0.52	0.97	8.17	1.30	矿体前缘
		215	15000	20.3	79.4	15000	45	2698	1500	1500	51.9	1.50	31.7	3.5	229	1050	69.5	27.5	0.055	0.071	1.34	1.80	1.76	矿体前缘
		15	15000	2.3	73.6	15000	15	6062	413	1500	41.6	2.1	31.4	6.0	107.8	908	45.6	29.9	0.14	0.04	1.10	15.00	4.91	矿体头部
		-25	4626	21.4	127.9	3672	27.7	7911	355	1500		4.8	21.2	3.5	416	795	56.9	1.94	0.10	0.14		22.00	4.62	矿体中下部

注：K_2O、Na_2O、Cu、Ag、Mo、Pb、Zn、Bi、Sn为定量分析结果。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

矿床分带示意图	垂直分带名称			地质特点	异常中元素结合			异常中元素比值					萤石		黑钨矿	锡矿中	
					内中带异常	中外带异常	外带异常	Li/W	Li/Sn	Sn/W	W+Sn+Be	ⓐ	Li	Li/Be	ⓑ	ⓒ	ⓓ
	1	矿体前缘带	远程	萤石膜、线、带 萤石—锂云母细脉带及长石脉带 (间有含钨锡长石石英脉、石英脉)	Be、Li	F、W、Sn	Cu、Ag、B	22	5	4	88	0.31	3183 2649	2.9 1.8	0.87	0.73	106
	2		中程	钨锡长石石英脉、石英脉带(间有萤石锂云母细脉)上部灰岩中钨锡矿体	Be、Li、F、W、Sn		Ti、Mn、Cu、Ag、B K_2O、Na_2O >0.2% Ta_2O_5、Nb_2O_5	18	4	4	103	0.19			0.6	0.76	77
	3	异常	近程	花岗伟晶岩脉及花岗岩枝 (有少量萤石锂云母小脉)	Be、Li、F、Sn Ta_2O_5、Nb_2O_5	W、Cu、Ag	Mo、Ti、Mn、As、B K_2O、Na_2O >1%	14	3	4.5	84	0.17	1213	1	0.24	1.22	5
	4	钽铌钨锡花岗岩部位		富钠长石、富黄玉花岗岩	Li、Sn、F Ta_2O_5 Nb_2O_5	W、Cu、Bi、Ag、Ge	As	11	2.5	4.3	238	0.21	525	0.4		0.91	5
	5	矿体尾部及下部		少钠长石、黄玉花岗岩		F、Li、W、Sn	Cu、Ag、Pb、Mn、Ge、Bi	18	16	1	10	0.01				0.6	0.8

异常浓度分带标准

元素		Cu		Mo		Pb		Zn	Ag	W	Bi	Li	Ge	Be	Ti		Mn	Sn	As	F		B	Nb_2O_5	Ta_2O_5
异常分带	外带>	20	80*	1	2.5*	10	30*	60	0.1	20	2	60	2	3	3	400	>3000*	200	800*	20	200	1000	1000*	30	0.004	0.003**	0.003
	中带>	80	320	4	10	40	120	240	0.4	80	8	240	4	12	12	800		800		80	800	4000	8000	150	0.008	0.006	0.006
	内带>	320		40	40	160	480		1.6	320	32	960	8	18	48					320		16000	16000	450	0.010	0.010	[illegible]

* 金竹源，** 老虎头，其余为全区

图3 栗木钽铌钨锡矿床地化异常垂直分带模式

(a)为W+Be+Sn+Li/F；(b)为Ta_2O_5/Nb_2O_5；(c)为Ta_2O_5/Nb_2O_5；

(d)为$Sn/Ta_2O_5+Nb_2O_5$

萤石中Li/Be为1.8～2.9。黑钨矿中Ta_2O_5/Nb_2O_5>0.8。原矿中Sn/($Ta_2O_5+Nb_2O_5$)>100。萤石锂云母脉带中F、W、Sn、Be、Li高。

2. 中程前缘晕异常带　相当于含钨锡长石石英脉（水溪庙为上部钨锡矿），异常为Be、Li、F、W、Sn中内带，Ti、Mn、Cu、Ag、B外带异常组合，Li/W>18、Li/Sn>4；矿石中Sn/($Ta_2O_5+Nb_2O_5$)>77。$Ta_2O_5<Nb_2O_5$。

3. 近矿前缘异常带　相当于花岗伟晶岩脉带。脉体中Ta_2O_5、Nb_2O_5最富。以Be、Li、F、Sn中内带，W、Cu、Ag中外带，Mo、Ti、Mn、As、B外带异常组合，Li/Sn>3，Li/W>14，K_2O>1%，Na_2O>1%；矿石中Sn/($Ta_2O_5+Nb_2O_5$)<5。

4. 赋矿部位异常特点　相当于富钠长石和钠长石花岗岩带，钽铌花岗岩矿体。Ta_2O_5、Nb_2O_5、Li、Sn、F内带，W、Cu、Bi、Ag、Ge中外带，As外带组合。Li/W、Li/Sn最低。Sn/W>4。

5. 矿体尾部及尾晕　相当于少钠长石花岗岩带。Ta_2O_5、Nb_2O_5、F、W、Sn中外带及Cu Ag、Mo、Ge、Bi外带组合异常。

（六）氟与钽、铌、钨、锡的迁移、富集和分带的关系

1. 钽、铌、钨、锡的迁移形式　在成矿作用过程中，金属元素一般都是以某种络合物的形式迁移的。本区花岗岩除富含Ta、Nb、W、Sn、Li等稀有元素外，最大特点是富F、Na，贫Ti、Fe。F与Ta、Nb、W、Sn密切相关。在矿体中含氟矿物（黄玉）增加，矿体前缘有萤石—锂云母细脉带，具有宽阔的F异常；表明了F对于Ta、Nb、W、Sn等元素自岩浆中分出、迁移、

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

富集具有重要作用。结合已有实验资料可以得出：在岩浆晚期结晶分异—交代—高温气液演化成矿过程中，W、Sn、Ta、Nb、、Si、Li、Be等主要以氟的络合物形式迁移的有：$(K, Na)_2TaF_7$、K_2NbOF_5、Na_2NbOF_5、$K_2NbOF_5 \cdot H_2O$、$(K, Na)_2[WO_3F_2]$、$(K, Na)_2[WO_2F_4]$、$Na_2[Sn(OH,F)_6]$、Na_2BeF_4、K_2SiF_6、Na_2SiF_6、LiF等。

根据上述络合物中F与Ta、Nb、W、Sn、Be的比例关系，计算了水溪庙钽、铌（钨、锡）花岗岩矿床（表内+表外）范围内Ta、Nb、W、Sn的总金属储量及其所需携带剂F的总量，又根据矿体中F的平均含量和矿石储量粗略计算了F的总储量；二者之比表明，在矿体范围内参与携带Ta、Nb、W、Sn的F仅占F总量的13%，说明矿液中F是过量的；F除了携带Ta、Nb、W、Sn之外，还要携带Li、Si、K等元素。如果计算时包括矿体周围的原生晕，则F晕更多，因为F的大量富集是在矿体前缘晕。

2.钽、铌、钨、锡的沉淀、富集和分带　各种元素氟络合物都有一定稳定存在和迁移的条件。物理化学环境的变化，络合物的破坏，使金属元素沉淀富集成矿。由于Ta、Nb、W、Sn、Be氟络化物迁移和破坏的条件不同，造成了这些元素在空间上的富集部位也有差异，并构成了矿床的垂直分带。

实验资料表明，Ta、Nb的氟络合物的迁移能力有一定差异。Ta无论从熔融体相，还是从液相转入气相的能力和迁移能力都比Nb大，Nb比Ta先析出，矿化深度大，Ta相对于Nb更富集于岩体顶部；如水溪庙矿体，从下部少钠长石花岗岩→钠长石花岗岩→富钠长石花岗岩→伟晶岩脉，虽然Ta、Nb都在增加，但二者幅度不同，Ta_2O_5/Nb_2O_5由0.6→0.7→0.9→1.36。下部$Nb_2O_5 > Ta_2O_5$，上部$Ta_2O_5 > Nb_2O_5$。

由于Sn氟络合物($Na_2[Sn(F,OH)_6]$)的形成和迁移温度(300℃)比K_2NbOF_5和K_2TaF_7（超临界温度>374℃）低，加之W、Sn是强亲氧元素，它们的沉淀需要相对多的氧，因此使W、Sn与Ta、Nb分离。当Ta、Nb的络合物大量破坏沉淀成矿之后，W、Sb络合物仍能沿构造裂隙向上部围岩迁移，造成了上有钨锡长石—石英脉状矿床，下有钽铌花岗岩矿床的分带现象。

3.蚀变—成矿过程中含F矿物的形成　络合物破坏后，外界碱金属（K、Na）和携带剂（F）与围岩发生作用形成相应蚀变，蚀变矿物组合与围岩成分有关。

钽铌花岗岩矿床，随Ta、Nb向花岗岩顶部富集，伴有钠长石、黄玉的形成和富集，并交代先结晶的钾长石，F主要进入黄玉$[Al_2SiO_4(F, OH)_2]$、铁锂云母$[K, Li, Fe, Al(AlSi_3O_{10})(F, OH)_2]$、细晶石中，并形成少量萤石。当氟进入碳酸盐围岩时则形成大量萤石，如水溪庙钽铌花岗岩矿床前缘的灰岩内含矿岩枝及长石—石英脉、石英脉的两壁形成萤石镶边，在萤石边外，F还可扩散5～10厘米，形成浸染状萤石。由于高温气液含大量F、当络合物破坏，F卸载之后，仍向上迁移，在远离矿体几百米的前缘形成萤石—锂云母细脉带或F异常。这是寻找盲矿体的重要标志。

浙江省区域构造地球化学特征及成矿预测探讨

浙江省地球物理探矿大队　郦逸根

区域构造地球化学虽然目前仍很不成熟，但已引起广大地质—地球化学工作者的极大关注。它通过构造发展过程中各个阶段、各个空间部位，元素含量差异所反映的区域地球化学场特征的研究，探讨区域构造成矿控制特点，即空间地球化学专属性。这对成矿远景区的划分和矿产预测具有重要的实际意义。

区域地球化学场特征

（一）元素在岩体和地层中的分布分配规律

1.岩体中元素的分布分配规律　我省不同时代岩体微迹元素丰度与泰勒值（1964）之比值变化情

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net