

华南含钨建造的地球化学研究

刘英俊 李兆麟 马东升

(南京大学地质系)

摘 要

通过对华南代表性的地层地球化学研究,证实了华南成矿区域中含钨建造的存在。目前已确立的含钨建造主要有元古界、寒武系、泥盆系和石炭系。钨在不同构造带及不同时代含钨建造中的含量各有不同,但共同的地球化学特点是钨的丰度较高,具有一定的微量元素组合和分布型式。钨在含钨建造中的初步富集为华南地区钨的大规模、多样性的矿化奠定了物质基础。

华南是世界上最重要的钨的富集区。该区钨矿的研究程度较高^[1-6],但认识仍在不断深入。近年来对钨的层控成矿的重视和研究,使过去长期流行的岩浆-热液-一元成矿论转为成矿作用多来源、多阶段和多成因的新观点,从而促进了钨矿成矿理论的发展,并指出了本区钨矿找矿勘探的新方向。

一、华南地区的含钨建造及其成因

根据对赣、湘、桂、粤等省与钨矿有关的地层所进行的系统地球化学剖面取样获得的大量

定量分析数据和研究,总结出来了华南地区各时代地层中钨的平均含量变化(图 1)。大量事实表明,华南地区确实存在有多时代的含钨建造。目前已确立的主要有(表 1):

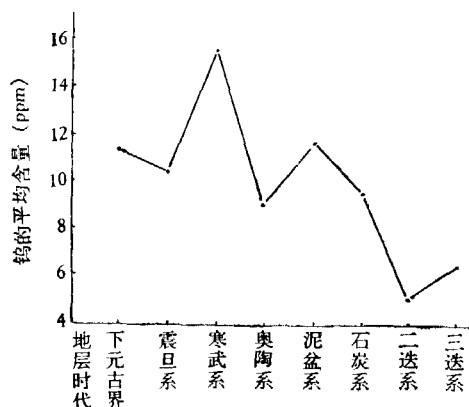


图 1 华南地区各时代地层中钨的平均含量曲线

1. 元古界优地槽火山—陆源碎屑沉积含钨建造 主要分布于江南地槽构造带外侧的双桥山群、冷家溪群、板溪群和震旦系。例如赣北双桥山群少数样品含 WO_3 高达 0.18%, 人工重砂内含白钨矿 553 克/吨(李崇佑等, 1980); 湘西马底驿组是钨—铋—金矿床的主要含矿层位; 震旦系则常以高钨、铜含量为特征(如赣南)。

2. 寒武系陆源碎屑—火山沉积和碎屑岩—碳酸盐沉积含钨建造 在赣南加里东褶皱带中这一建造分布较广, 位于上述含钨建造的东南侧。例如江西万安寒武系底部火山碎屑岩人工重

本文 1982 年 1 月 29 日收到, 1982 年 6 月 25 日收到修改稿。

表 1 华南地区的主要含钨建造

地 层	含钨建造的沉积特征	典 型 矿 例	分 布 地 区
石 炭 系	滨海-沼泽相碎屑沉积 火山沉积	隘 上 枫 林	赣东、赣南、闽西
泥 盆 系	碳酸盐沉积 陆源碎屑-火山沉积	东 坡 大 明 山	湘东南、粤北、桂中
寒 武 系	碎屑-碳酸盐沉积 陆源碎屑-火山沉积	焦 里 万 安	赣南、粤北、闽西
元 古 界	优地槽火山碎屑沉积	沃 溪	湘西、赣北等

砂中已发现黑钨矿, 崇义下寒武统石煤层中钨含量达 0.02—0.05% (冶金部南岭钨矿专题组, 1979), 在赣南寒武系上部的人工重砂中也含有白钨矿和锡石^[6], 其砂泥质含钙夹层中已知多处产有顺层“似砂卡岩”白钨矿层控矿床。

3. 泥盆系陆源碎屑-火山沉积及碳酸盐沉积含钨建造 分布于广西、广东、湖南加里东基底之上的上叠盆地内。在广西主要分布于泥盆系下统莲花山组, 在广东、湖南则主要位于中或上泥盆统东岗岭组、棋子桥组和余田桥组, 均有沉积-改造型层控钨矿的形成。广西大明山泥盆系底部含钨建造中 WO_3 可达 0.01% 以上。

4. 石炭系海陆过渡带碎屑沉积和火山沉积含钨建造 主要分布于江西, 向东延伸到福建境内。下石炭统梓山组在赣南形成有沉积-叠加型层控钨矿, 中石炭统在赣东北东乡地区含钨甚高, 与火山-沉积有关的富铁锰沉积中钨呈吸附状态富集, 含量已达工业品位。

此外, 对分布于粤东南燕山期构造带内的中生代地层研究也表明可能存在富钨层位。因此, 华南现知的含钨建造是多时代的, 它们在空间上大体表现为由 NW → SE 相递演进的方向性, 与中国东南部陆壳发展推移的方向一致。

对华南地区大量钨矿床、矿点统计结果揭示, 位于地层中者占 57.5%, 赋于花岗岩内者为 42.5% (冶金部华南钨矿专题组, 1979)。各时代地层中钨矿床的 WO_3 储量占有率和矿床、矿点数占有率如表 2 所示。

表 2 华南各时代地层钨矿 WO_3 储量和矿床、矿点占有率

地 层 时 代	Pt	G	O	S	D	C	P	J—T	合计
钨矿储量占有率%	21.26	25.57	1.67	0	42.66	6.60	0.66	1.53	99.55
钨矿矿床矿点占有率%	36	24	5.40	0.60	16.50	5.40	2.50	9.40	99.80

地壳演化早期不均一地幔的分异作用, 主要通过优地槽早期的火山喷发在地表形成最原始的含钨建造^[7], 地幔的钨亏损^[8]可能与此有关。这类含钨建造在成分上以富含火山物质为特点, 在空间上局限于古老的基底岩层中, 在时间上具有明显的时控特征, 以元古代和早古生代为形成高潮。在华南, 它包括上述第 1 含钨建造和第 2 中的一部分。

后期地质作用主要以对原始含钨建造进行风化剥蚀, 或由穿过基底含钨建造的火山活动

方式在盖层中形成年轻的含钨建造。其钨主要源自地壳本身。上述第 1 和第 2 含钨建造的一部分以及第 3、4 均属此类。这类含钨建造在成分上以陆源碎屑为主, 在空间上多分布于古陆周围, 在时间上则以古生代为主。

由于区域变质作用, 含钨建造可受到不同程度的改造, 如层间破碎带交代或区域变质成因的矽卡岩化等。在此过程中, 原始沉积的钨可发生重结晶或溶解、迁移、再沉淀乃至富集成矿。此外, 由超壳深大断裂控制的断裂凹陷带中的构造活动, 对于钨的火山-沉积来源和改造叠加过程中的能量供给也具有重要意义。如果没有强烈的地质活动和有利的沉积环境使地层有足够的钨的来源, 含钨建造在地层中则趋于消失。

二、含钨建造中钨的分布

华南各时代沉积岩平均含钨 9.53ppm (冶金部南岭钨矿专题组, 1981), 为地壳克拉克值的 6.37 倍, 充分表明本区为一富钨的地球化学区。为了了解钨在区域内不同时代地层和含钨建造中的分布特征, 曾选择了湖南和江西若干地区进行了地层地球化学剖面测量。这些剖面位于矿区外围 3—4 公里甚至更远, 处于原生晕和重砂异常之外。经野外观察和岩石薄片鉴定以及与矿区相应地层钨含量相对照, 均未发现矿化痕迹。统计时将少量高含量样品和可能受岩体、断裂影响的样品数据予以剔除, 因此其中的钨含量基本上是原生的。

以基底和盖层地层出露较全的黄沙—隘上矿田为例, 该矿田发育有震旦系、寒武系、泥盆系中-上统和石炭系梓山组。按其出露面积百分率加权求得矿田内四个时代出露地层 (总计 495 平方公里) 钨平均含量为 22.17 ppm, 较华南地区平均钨含量高出一倍以上。类似方法计算得到矿田基底——震旦系和寒武系平均含钨 30.04ppm, 上部古生代盖层——泥盆系和石炭系梓山组的平均含量为 10.78ppm。图 2 是其中一条剖面中钨含量变化情况。

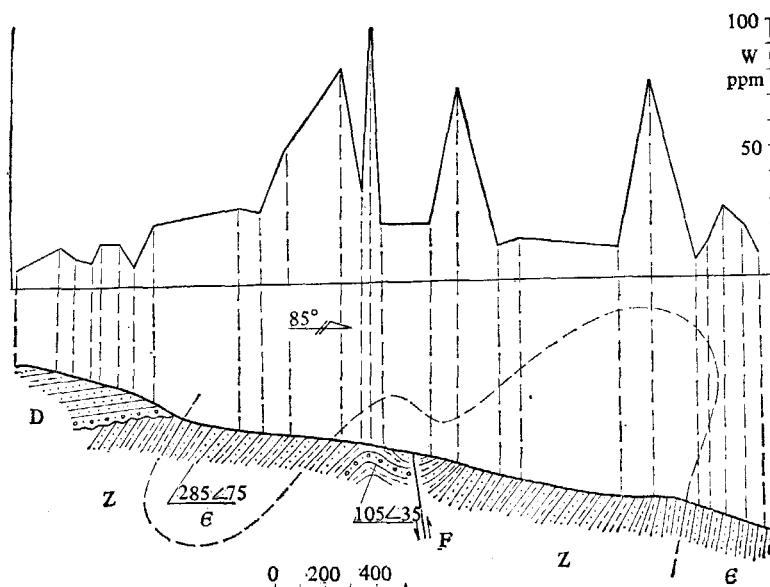


图 2 江西黄沙—隘上钨矿田丙山—陶朱坑剖面钨含量变化曲线

表 3 江西黄沙—隘上钨矿田区域地层中钨的平均含量

分 布	震 旦 系			寒 武 系	中-上泥盆统	石 炭 系 梓 山 组
	<50ppm	>50ppm	合 计			
样 品 数	17	10	27	14	15	19
钨平均含量 (ppm)	13.41	116.69	49.19	18.94	11.20	8.04
变异系数 (%)	62.39	33.49	105.04	61.30	46.40	49.10

表 3 显示,地层钨含量随时代变新依次降低,变异系数减小。基底含钨建造钨含量是盖层的 2.8 倍。矿田内各时代地层钨含量的对数频率分布直方图(图 3)对比表明,基底含钨建造和盖层的钨含量分布亦有明显差别。基底含钨建造中钨含量所表现的多重分布,反映了与钨初步富集有关的多次地质作用的信息;而盖层中钨的分布基本是均匀的,近于对数正态分布,反映了主要为一次地质作用——即对基底含钨建造剥蚀和再沉积作用的可能性。

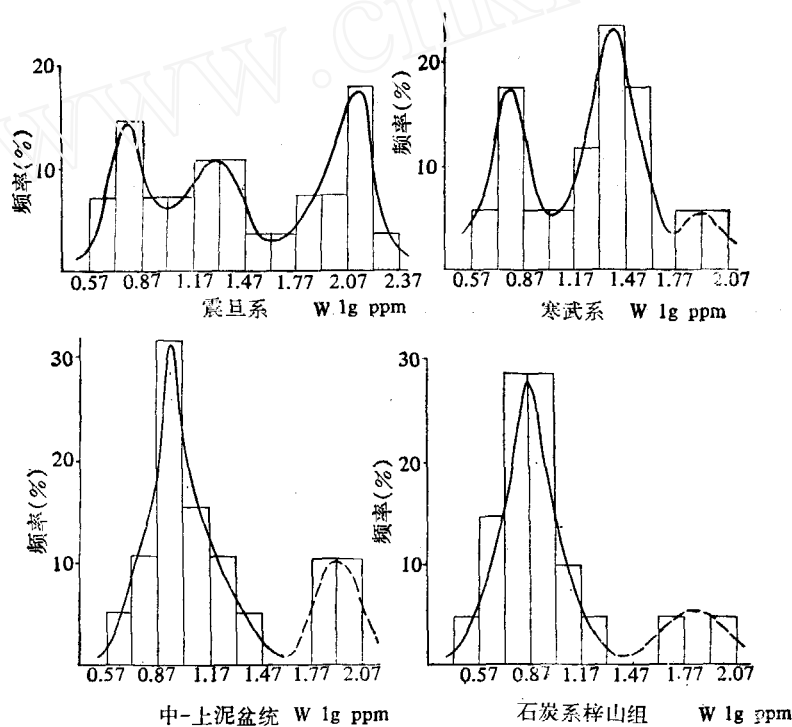


图 3 江西黄沙—隘上钨矿田各时代地层钨含量的对数频率分布直方图

含钨建造中钨的分布与岩性关系密切。在华南地区总的来看,泥、页岩和板岩中钨含量高于砂岩。富含碳质,尤其是富含铁质的岩石钨含量明显增高(如震旦系某些含钛铁矿、磁铁矿变质岩中钨高达 100ppm)。一般质地较纯的石灰岩和大理岩钨含量很低($< 0.5\text{ppm}$),但其中含泥质或有机杂质较多时含量有所增高,如湘东南余田桥组含泥粉砂条带灰岩钨含量达 11.4 ppm,成为重要的含钨层位。硅质岩中钨的含量则均较低。

钨在非矿化粗、细碎屑沉积岩中的分配量主要取决于蚀源的钨丰度以及机械风化和化学风化的相对强度。如黄沙一隘上钨矿田基底中,板岩的钨平均含量与变质砂岩的含量比值大于1,而在盖层中泥、页岩与砂岩之比小于1(表4)。这种变化表明本区由于加里东运动使基底强烈抬升造成机械风化加强,区域性隆起之后沉积的砂岩中,钨含量增高的现象在华南其它地区和构造旋迴之间也有表现。

表4 粗、细粒碎屑岩中钨的含量和两者的比值

地 层	岩 性	样 品 数	钨平均含量 ppm	变异系数 %	钨在细、粗碎屑岩 中的含量比值
盖层	石炭系梓山组	泥、页岩	3	6.55	0.68
		砂 岩	9	9.61	
	中-上泥盆统	泥、页岩	3	8.55	0.77
		砂 岩	5	11.05	
基底	寒武系*	板 岩	8	12.96	1.14
		变质砂岩	5	15.70	
	震旦系*	板 岩	10	14.78	1.72
		变质砂岩	5	8.60	

* 板岩中高含量样品已剔除

三、含钨建造中钨的赋存形式

钨在含钨建造中的赋存形式与其形成条件和岩石组成关系密切。含钨建造的形成过程中,在机械风化盛行的条件下,钨主要呈单矿物细屑或在其它单矿物和岩屑中呈杂质状态搬运,沉积于粗碎屑沉积物中;在化学风化剧烈的地方,脆弱细小的次生钨矿物粉末则与粘土、铁锰氧化物细粒、或胶体混合、或者呈络离子状态被它们吸附集中在细碎屑沉积物中。根据现有的工作可以确定,钨至少有如表5形式。

表5 华南含钨建造中钨的可能赋存形式

重 要 性	赋存形式	表 现 形 式	岩 石
很 重 要	吸附形式	泥质沉积物中具有较高的钨含量,特别是富含铁、锰和碳质的细屑沉积物	泥、页岩,板岩,千枚岩,粉砂岩
较 重 要	单矿物形式	岩石中存在黑钨矿或白钨矿碎屑	砂岩,粉砂岩,片岩
较 次 要	类质同像或其它杂质形式	金红石、榍石、赤铁矿、电气石、铌钽铁矿等重砂矿物和云母类、铁锰散染状物质在岩石中含量较多,它们往往含有较高的钨	各种陆源碎屑岩和相应的变质岩

由于整个华南地区含钨建造中钨含量分布资料均一致显示在泥质岩石,特别是富含铁、锰和碳质的岩石中,往往有较高的钨含量(如在黄沙一隘上矿田震旦系中钨含量大于50ppm的样品大多为板岩),表明吸附作用对含钨建造的形成可能具有特殊重要的意义,我们为此专门进行了吸附富集实验(图4)。

由图4可见,在中-酸性溶液中,各种物质对钨的持留能力按 $\text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{MnO} > \text{碳质板}$

岩 > SiO_2 > 板岩 > 纯粘土顺序递减; 在碱性溶液中, 则依 Fe_2O_3 > 碳质板岩 > MnO > 板岩 > 纯粘土 > SiO_2 序列降低。自然, 实验结果除了吸附作用所致而外, 也不排除产生化学反应而形成某些极分散化合物的可能。

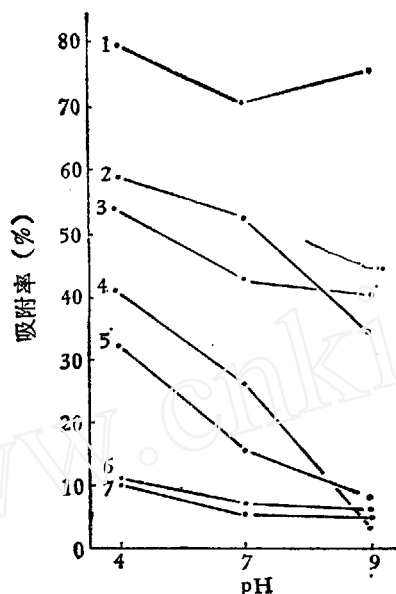


图4 溶液 pH 值对各种物质吸附 WO_3 的影响

1. Fe_2O_3 ; 2. MnO ; 3. 碳质板岩; 4. SiO_2 ; 5. 板岩;
6. 高岭土; 7. 膨润土。

$$\text{吸附率} = \frac{\text{吸附物质 } \text{WO}_3 \text{ 增量(微克)}}{\text{原始溶液 } \text{WO}_3 \text{ 含量(微克)}} \times 100\%$$

四、微量元素在含钨建造中的分布特征

工作中对上述各剖面的微量元素含量也进行了分析, 其结果基本反映了微量元素在地层中的原始分布状况。

表6为黄沙—隘上钨矿田内三条长距离地球化学剖面的微量元素平均含量。图5为各时代地层的微量元素含量变化。从中可见, 在基底含钨建造中, 除了硼和钛二元素外, 其它微量元素均高于上部古生代盖层。各元素几乎都具有相似的变化曲线。因此, 控制微量元素在含钨建造中分布的主要因素, 是沉积物形成时来源的元素丰度和当时的古地理环境。

各时代样品微量元素平均含量统计表明, 在基底含钨建造中, 除钨而外, 锡和钼有明显富集, 含量为克拉克值的4—5倍; 铜、铅、锌和氟含量高于克拉克值和盖层; 而铁族元素则仅为克拉克值的一半, 但含钨建造中的铁族元素明显高于盖层。本矿田亦是一个富硼地球化学区, 在各元素中硼的富集系数很高(14—28), 在梓山组中尤其富集。

在不同构造单元及矿田内, 由于区域地球化学特征不同, 因而表现在含钨建造中特征性微量元素和组合亦有差异。如湘西马底驿组除钨、铋、铜和钼含量较高之外, 最为特征的是铈和金较高, 与和该地层有关的钨—铋—金层控矿床元素组合一致; 赣北双桥山群则显示铜、锡和

表 6 江西黄沙—隘上钨矿田地层剖面微量元素平均含量 (ppm)

元素	剖面 地层	丙山—陶朱坑剖面, 平距 3 公里, 样品数 43			香塘—中公岭剖面, 平距 2.3 公里, 样品数 27		樟坡—中垅剖面, 平距 2.3 公里, 样品数 22
		中上泥盆统	寒武系	震旦系	石炭系梓山组	中上泥盆统	震旦系
W		13.71	23.96	39.56	8.04	7.58	47.86
Sn		9.30	13	21.75	2.30	2.50	7.80
Mo		1.20	4.40	6.30	2.20	1.10	0.80
Cu		93.30	108.80	137.10	79	47.10	57.90
Pb		20	13.80	61.40	18.50	6.60	20.40
Zn		40	127.50	114.30	39.50	26.40	71.80
Mn		166.70	212.50	364.29	115	57.10	346.40
Cr		36.70	70	52.86	40	50	62.90
V		40	150	54.29	47	57.10	50
Ti		2000	1500	1642.9	2000	3214.3	1500
Co		5	6.25	7.86	5	5	11.40
Ni		13.33	46.25	30	17	15	38.60
F		490	1020	1600	490	840	695
B		90	80	186.7	298.30	228.60	76.40

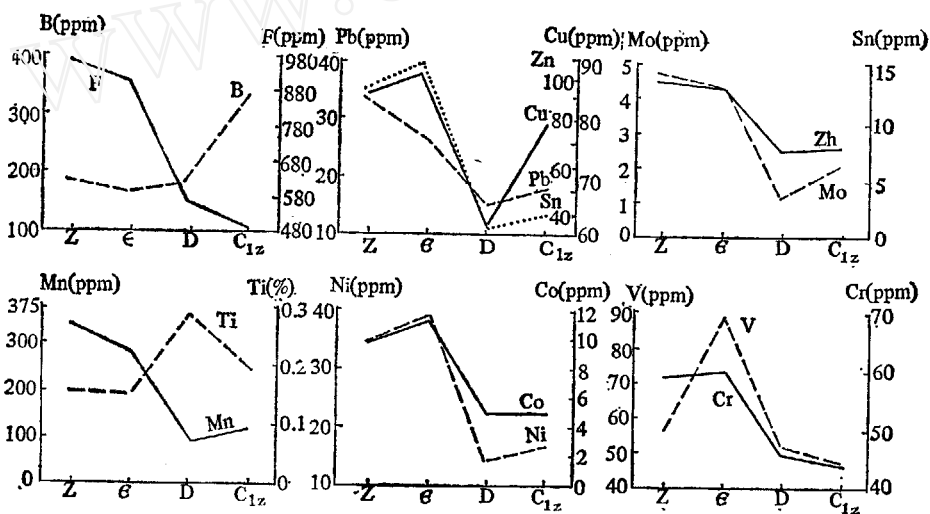


图 5 各时代地层中微量元素的平均含量变化

表 7 华南不同地区主要含钨建造中伴生的微量成矿元素平均含量*

剖面位置	含钨建造	样品数	微量成矿元素平均含量 (ppm)							
			Cu	Bi	Sn	Be	Mo	W	Sb	Au**
湘西沃溪	马底驿组	95	135	3.46	12.02	4.24	<0.5	8.48	11.53	4.4 (ppb)
赣北铜鼓	双桥山群	40	231	7.76	21.42	4.49	<0.5	11.82	<2	未测
赣南南康	震旦系	9	64	4.63	6.33	5.09	9.65	10.52	<2	未测
赣南大余	寒武系	8	63	6.54	14.18	9.63	1.28	14.71	<2	未测
江西万安	寒武系	10	66	1.79	6.48	<1	0.83	7.34	<2	未测

* 湖南冶金地质研究所分析, ** 南京大学地质系分析。

铋最高;南康震旦系中钼最高;大余寒武系中则锡和钨较高;而万安寒武系中仅锡略高(表7)。多数情况下这正好反映了不同地区钨矿床中的元素组合。

五、含钨建造中钨与微量元素的相关关系

为了探讨含钨建造中微量元素与钨之间在含量变化上的相互关系,以钨为因变量,对华南部分区域地球化学测量剖面进行了逐步回归统计。计算结果表明,含钨建造的时代和地区不同,其中钨与微量元素(尤其在钨矿中常伴存的主要成矿元素如 Sn, Bi, Mo, Be, Cu 和 Sb 等)含量的相关关系亦各异。

湘西马底驿组含钨建造中钨和铋、铊呈显著正相关(表8);赣北双桥山群含钨建造中钨、铜正相关显著(表9),赣南震旦系剖面也有类似规律,这主要与其中的变质火山凝灰质岩石有关,它们并非是晚期热液叠加的产物,而是同生沉积—火山沉积的结果。部分赣南寒武系含钨

表8 湘西马底驿组钨与其它微量成矿元素的相关关系
(逐步回归结果)

相关矩阵	Bi	Cu	Be	Sn	Sb	W	
	Bi	1.00	0.26	0.06	-0.01	0.44	0.48
	Cu		1.00	0.11	0.01	0.52	0.25
	Be			1.00	0.05	-0.01	0.07
	Sn				1.00	0.06	-0.07
	Sb					1.00	0.69
	W						1.00
样品数: 95							

方差分析表	变差来源	平方和	自由度	均方	F
	回 归	394.41666	3	131.47222	35.5464
	剩 余	336.58059	91	3.6986878	
	总 计	730.99726	94		

回归方程	$Y_W = 7.9190 + 0.0935X_{Sb} + 0.0179X_{Bi} - 0.0048M_{Cu}$
------	---

表9 赣北双桥山群剖面中钨与其它微量成矿元素的相关关系
(逐步回归结果)

相关矩阵	Cu	Bi	Sn	Be	W	
	Cu	1.00	0.32	0.06	0.25	0.38
	Bi		1.00	-0.12	0.30	0.14
	Sn			1.00	0.51	0.17
	Be				1.00	0.19
	W					1.00
样品数: 40						

方差分析表	变差来源	平方和	自由度	均方	F
	回 归	46.2346	1	46.2346	6.6068
	剩 余	265.9238	38	6.9980	
	总 计	312.1584	39		

回归方程	$Y_w = 8.7399 + 0.0133X_{Cu}$
------	-------------------------------

表 10 赣南大余寒武系剖面中钨与其它微量成矿元素的相关关系
(逐步回归结果)

相关矩阵	Mo	Mo	Be	Bi	Sn	Cu	W
	Mo	1.00	0.60	0.65	0.63	-0.11	0.83
	Be		1.00	0.99	0.99	0.08	0.78
	Bi			1.00	0.99	0.08	0.77
	Sn				1.00	0.09	0.74
	Cu					1.00	-0.05
	W						1.00
样品数: 8							

方差分析表	变差来源	平方和	自由度	均方	F
	回 归	152.7817	1	152.7817	13.2571
	剩 余	69.1471	6	11.5245	
	总 计	221.9288	7		

回归方程	$Y_W = 11.3987 + 2.5864X_{M_0}$
------	---------------------------------

建造的统计结果显示钨与钼、铍、铋和锡的正相关显著,而铜与钨则不相关(表 10)。元素之间的相关性指示了它们是在同一时期、同一个地质作用影响下加入到沉积物中的可能性。值得指出的是,在前寒武纪较老的含钨建造中,钨与铜的简单相关系数均较高,但在寒武纪以后则变得很小。这可能反映了地槽演化早期火山作用对古老含钨建造形成的重要性,到寒武纪以后,华南地区地质活动特点,元素供给情况和沉积环境则有较大变化。

对黄沙一隘上钨矿田地层样品的逐步回归统计也表明,在基底含钨建造中,钨与铜、镍正相关显著,而盖层中钨则与钼、钛正相关显著,从而证明矿田基底也是一个以钨—铜组合为特征的含钨建造。利用 R 型点群分析可对地层中微量元素进行定量的分组归类(图 6)。若以相关系数为 0.45 划界,可将元素分为四类:第一类为铬、钒和钛,是典型的亲铁元素,地层内磁铁矿、钛铁矿等氧化物是富含这类元素的主要矿物;第二类主要为钨、铜和钼,它们在泥质和有机质较富的岩石中一般含量较高,且主要富集在基底含钨建造内,它们在地层中的原始分布对矿田钨矿化的最终形成有重要意义;第三类为锌、钴和镍,它们都具有一定的亲硫性,主要富集在硫化物中;第四类为硼、锰和锡,它们在分布上独立性很强,相互之间以及与其它群类之间的关系不明显,都具有形成独立矿物的强烈趋向,薄片可见电气石和一些铁、锰杂质是这些元素的重要赋存形式。

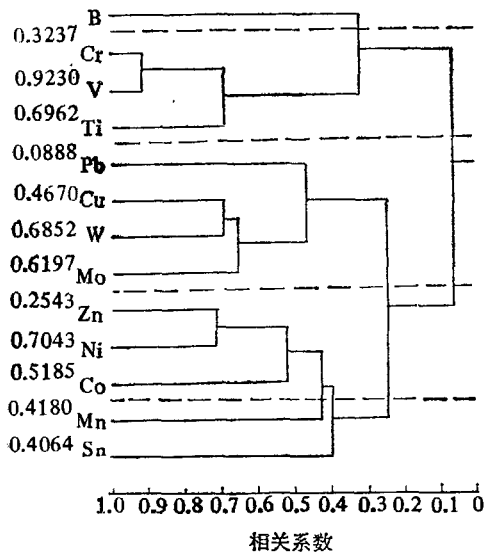


图 6 黄沙一隘上矿田含钨建造样品的 R 型点群分析结果

在分布上独立性很强,相互之间以及与其它群类之间的关系不明显,都具有形成独立矿物的强烈趋向,薄片可见电气石和一些铁、锰杂质是这些元素的重要赋存形式。

六、含钨建造的地球化学标志及其与钨矿的成因关系

从元素地球化学角度出发,含钨建造具有如下最基本的三个地球化学标志:

首先钨的高含量是含钨建造最直接的识别标志。华南所确定的元古界、寒武系、泥盆系和石炭系诸含钨建造中,已如前述,钨的背景含量均较高,一般为地壳克拉克值的几倍、十几倍或数十倍,某些富钨层位的钨含量还要高。

其次含钨建造具有一定的微量元素组合特征,如 Sn, Mo, Cu, Bi, Pb, Zn 以及挥发性元素等含量均相对明显增高,某些含钨建造常伴有铁族元素,这都与非含钨建造形成鲜明的对照。

此外,含钨建造与非含钨建造之间的钨含量分布有显著差异。由于含钨建造中包含有钨的非富集层位和较多的富钨层位,表现在其样品的钨含量对数频率直方图常呈多峰分布,而非含钨建造则近于对数正态分布。二者分布差异表明,含钨建造中钨的来源丰度变化较大,并具有多种地质作用混合的可能。

含钨建造与钨矿的成矿关系,尤其对层控矿床的密切联系已为愈来愈多的近代研究所证实^[7,9-11]。华南钨矿的形成是沉积、构造、岩浆和热液作用多元控矿综合机制的反映,而含钨建造则首先为此提供了有利的物质来源和围岩前提。它影响着花岗岩体的钨丰度并制约着钨矿

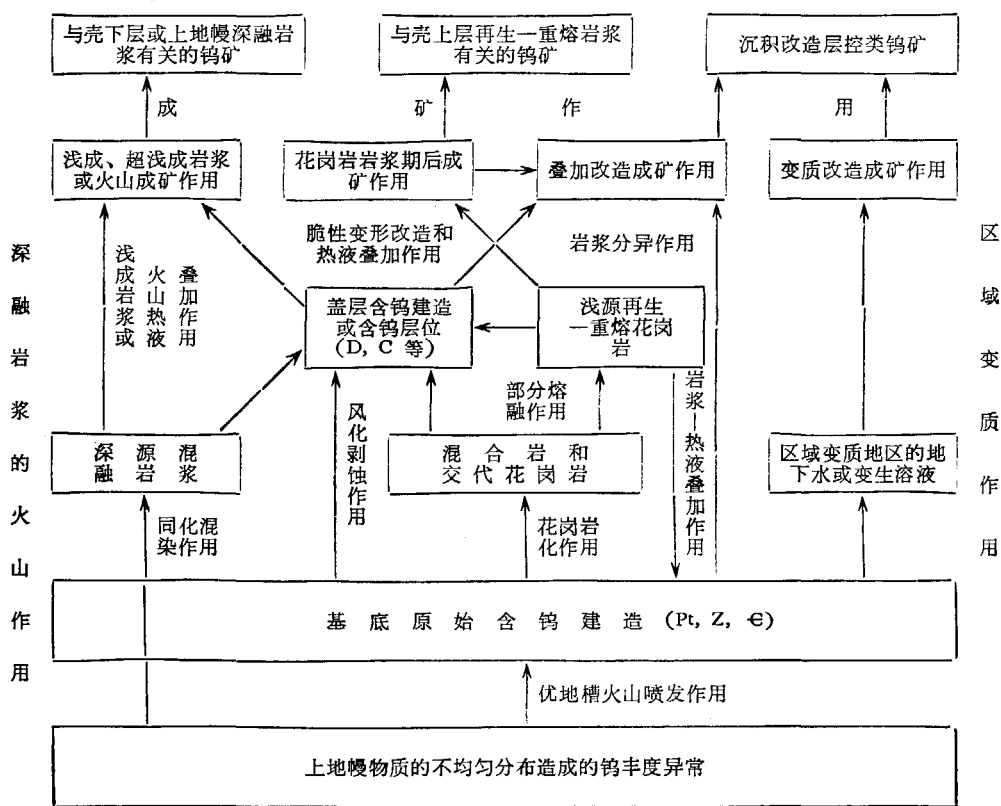


图7 华南含钨建造与钨矿成矿系列关系示意图

化作用的发生和发展。

华南地区的含钨建造与区内钨矿的生因联系密切,它可经岩浆—热液叠加或构造、变质的改造作用,就地或近地直接形成各类层控钨矿床,也可经混融或重熔作用为深源混融岩浆,或浅源再生—重熔花岗岩浆提供成矿物质基础。华南钨矿无例外地都是在含钨建造(或矿源层)的元素丰度基础上经后期改造富化、或经岩浆—热液叠加、或经深源岩浆同化、或经花岗岩化、部分熔融形成花岗岩浆,进而钨在结晶分异中得到富集形成岩浆期后气液矿化的产物。

根据含钨建造改造、叠加以及熔融形成花岗岩浆等成矿途径的不同,可明显地确立和划分出沉积改造层控类钨矿,与壳上层再生—重熔岩浆(即改造型花岗岩)有关的钨矿和与壳下层或上地幔深源混融岩浆(即同熔型花岗岩)有关的钨矿三大成矿系列(图 7)。与再生—重熔岩浆有关的钨矿,包括石英脉型和矽卡岩型等钨矿类型;与深源混融岩浆有关的钨矿,则包括斑岩型和火山岩型等。

华南含钨建造形成的多时代性、分布的广泛性及其演化发展的继承性,为阐明华南钨矿之所以如此富集和类型齐全提供了元素地球化学依据。华南钨矿的区域成矿条件分析研究、成矿区划和找矿工作都应充分考虑含钨建造(矿源层)这一最根本的重要因素。

七、结 论

1. 华南地区存在有多时代的含钨建造,依其物质来源可分为基底原始含钨建造和盖层含钨建造。前者多局限于古老基底,以富含火山物质为特点;后者多分布于古陆周围,成分上主要为陆源碎屑。

2. 含钨建造的地球化学特征以钨含量高,伴有特定的微量成矿元素,挥发性元素和某些铁族元素相对较高,钨含量对数频率分布呈多峰而区别于非含钨建造。

3. 钨在含钨建造内主要富集于富含铁、锰和碳质的细碎屑岩中,吸附作用对含钨建造的形成具有特别重要的意义。

4. 华南分布广泛、类型繁多的钨矿均不同程度地与含钨建造有关,据此关系以及后期叠加改造的情况,可将华南钨矿划分为三大成矿系列。

5. 不仅钨,而且金、铀、铁、铜、铅、锌、锑、汞和稀有、稀土元素等在华南地区均表现有含钨建造(矿源层)的存在。因此,广泛开展本类课题的研究具有普遍重要的意义。

本研究是在徐克勤教授的关心和指导下进行的;工作过程中得到华南几省特别是江西冶金、地质系统有关单位的大力协助和支持;涂光炽教授审阅了本文初稿,并提出了宝贵意见,作者在此谨表衷心谢意。

参 考 文 献

- [1] Xu Keqin, *Econ. Geol.*, 1943, 38:431—474.
- [2] 徐克勤、刘英俊等,南京大学学报(自然科学版), 1959, 2: 31—54.
- [3] Department of Geology, Nanjing University, *Scientia Sinica*, 1974, 1:55—72.
- [4] 中国科学院贵阳地球化学研究所,华南花岗岩类的地球化学,学科出版社, 1979, 303—317.
- [5] Xu Keqin, et al., *Journal of Nanjing University, Special Issues on Geological Science*, 1980, 42—56.
- [6] 朱焱龄、李崇佑、林运淮,赣南钨矿地质,江西人民出版社, 1981, 117—119, 270—282.
- [7] Maucher, A., 24th Intern. Geol. Congr., 1972, Sect. 4, 83—87.

- [8] 黎彤, 地球化学, 1976, 3: 167—174.
- [9] Wolf, K. H. (Editor), *Handbook of Strata-Bound and Stratiform Ore Deposits*, Elsevier Scientific Publishing Company, 1976, Vol. 7, 477—501.
- [10] Klemm, D. D. and Schneider, H. J. (Editors), *Time-and Strata-Bound Ore Deposits*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1977, 141—149, 169—198.
- [11] Денисенко, В. К. и др., *Сов. Геол.*, 1977, 6: 32—46.

www.cnki.net