维普资讯 http://www.cqvip.com

中国钨矿床的成矿系列及其金属元素的带状分布

川口钨矿　王秋衡

·提　要·中国钨矿床具有多组成矿系列和复杂的金属元素分带的特点。矿床构造和成矿作用表现为多阶段脉动性；构成钨矿床中金属元素在空间分布上有规律地呈带状排列。这一认识对钨矿床“探边、摸底、找盲”以及提高矿产普查和预测都有着重要的指导意义

在找矿勘探实践中，我国地质学家在对许多不同的矿种和矿床类型之间的内在联系进行总结和研究之后，于七十年代末期提出了“成矿系列”的概念[1]。这一概念的提出，把教科书中常用的矿床成因分类，如岩浆矿床、伟晶岩矿床、矽卡岩矿床以及高中温热液矿床等，从单独、孤立地研究变为综合研究它们彼此之间可能存在的成生联系，并用以指导寻找“多位一体”或“同源多体”的矿床系列。

研究中国钨矿床的成矿系列和带状分布，实质上就是研究在不同空间、不同时间上形成的不同钨矿种和不同钨矿床，即不同的黑、白钨矿床系列成因之间的内在联系和成矿作用的继承性，也是对钨矿床中有用矿物或元素围绕钨矿化中心或由花岗岩体从下而上及向旁侧的带状分布规律的研究。对这一问题的探讨，不仅可以认识钨矿床的成因和钨矿成矿过程的演变规律，而且还可以指明矿床“探边、摸底、找盲”的方向，使许多老矿变新矿、小矿变大矿、单一矿种变多矿种。

一、钨矿成矿系列

中国钨矿床在中国大陆的广泛分布，尤其在世界著名的南岭钨锡成矿带中的密集分布，使我国成为以钨矿资源著称的国家。在我国，钨矿床不仅储量大，矿床数量多，而且矿床成因类型复杂。在同一个成矿区内由于成矿条件的差异性，往往形成多种成因类型的钨矿床及其它金属矿床、稀有稀土矿床、贵金属矿床和建材矿床等共、伴生在一起（如图1）。在同一成矿过程中，因地质条件、物理化学条件和成矿环境的变化（如图2和表1），所形成的各个矿床类型，均围绕花岗岩的顶部和旁侧呈半环状有规律地分布，构成与花岗岩有关的多组矿床系列。根据各类钨矿床在空间上的分布以及与花岗岩体的密切关系，按矿床产出的部位不同，可划分为三组钨矿床系列：

（1）产于花岗岩体中的“内接触带钨矿床系列”；

（2）产于花岗岩体与围岩接触带的“过渡带钨矿床系列”；

（3）产于沉积、变质岩内的“外接触带成矿系列”。

上述各组矿床系列可从钨矿床垂直产出状况（如图2）统一概述。自岩体向外，内生钨矿床类型通常表现为花岗岩型→伟晶岩型、斑岩型→矽卡岩型、云英岩型→石英脉型、层控型→碳酸盐脉型；风化钨矿床类型由原钨矿床向近地表、沟谷发育有“钨帽”型→残积型→迁积型→机械搬运型砂钨矿床等。在同一成矿区内常常可有两个

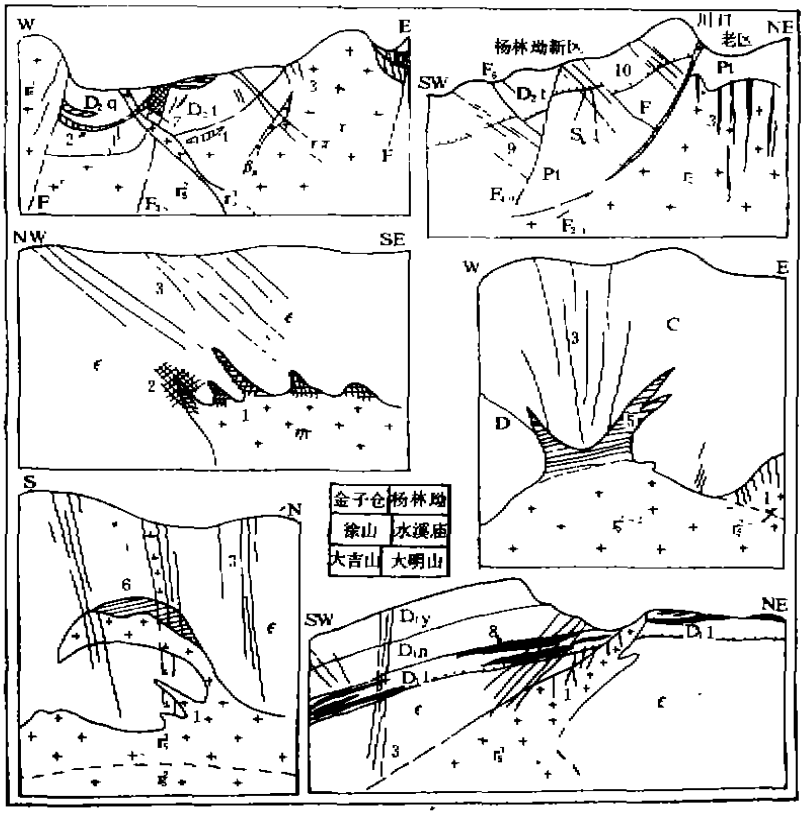


图 1　中国钨矿床主要成因类型的产出和分布关系图

1—花岗岩型；2—矽卡岩型；3—陡倾斜石英大脉型；4—云英岩型；5—伟晶岩型；6—似伟晶岩(包括石英脉)型；7—斑岩型；8—似层状细脉带型；9—缓倾斜细脉带型；10—“钨帽”型。

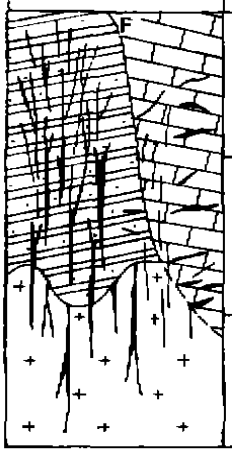
钨矿床垂直产出示意图	接触关系	矿床成因分带	产出部位	成矿系列类型	钨矿系列	主要共、伴生成矿元素	矿床实例
	外接触带	汽化热液带	沉积变质岩内	石英脉型 细脉带型 “层控”型 “钨帽”型	黑钨矿 白钨矿	Sn Bi Mo Cu Pb Zn Be Au Ag Fe Fe Sb Hg	漂塘 行洛坑 盘古山 大吉山 杨林坳
	过渡带	岩浆期后分异交代带	岩体与围岩接触部位	矽卡岩型 石英脉型 伟晶岩型 云英岩型 斑岩型	白钨矿 黑钨矿	Sn Be Mo Bi Cu Pb Zn S Fe F	柿竹园 瑶岗仙 木梓园 莲花山 金子仓 水溪庙
	内接触带	岩浆自变质分异带	火成岩体内	花岗岩型 云英岩型 石英脉型	黑钨矿	Nb Ta Sn Be Cu Mo Bi Pb Zn Fe S Li Cs U 稀土	漂萍 西华山 川口 白石山 徐山 下垅

图 2　中国钨矿床成矿系和成矿模式

维普资讯 http://www.cqvip.com

中国钨矿床主要成因类型及产出状况　　表 1

矿床类型	矿床成因	产出部位	典型实例
花岗岩型	岩浆晚期分异交代 岩浆期后热液	花岗岩类侵入体顶部、边缘相中	大吉山、徐山
伟晶岩型 (似伟晶岩型)	同上	伟晶岩脉内	水溪庙
矽卡岩型	岩浆热液交代	火成岩体与碳酸盐岩接触交代部位及碳酸盐岩中	柿竹园、瑶岗仙
云英岩型	岩浆期后汽成热液	云英岩及云英岩化岩石中	徐山、金子仑
石英脉型 (细脉带型)	岩浆汽化热液充填	各种沉积岩、火成岩体内	川口、盘古山
层控型 (似层状脉带型)	岩浆热液交代	各种沉积岩中，常顺层产出	沃溪、大明山
斑岩型	岩浆热液	花岗闪长斑岩类岩体及与围岩接触带内、外	连花山、阳储岭
"钨帽型"	风化、淋滤、离子吸附	近地表风化带、断裂破碎带中	杨林坳

或两个以上的钨矿床类型并存（如图1）。据不完全统计，这种现象，在华南地区主要钨矿田中占42%或更高[2]。

在找矿勘探中发现，钨矿化区内预测各类钨矿床系列的形成部位与成矿花岗岩体的侵位标高有着明显的关系。在一般情况下，岩体隐伏高度越低，矿化深度越大。花岗岩侵位标高在400米以上时，常形成内接触带钨矿床系列；侵位标高在200米以下时，形成外接触带钨矿床系列；在位于200—400米之间时，则形成接触带钨矿床系列[3]。在普查找矿中，根据钨矿床成矿系列所包含的不同类型的矿床以及各类矿床的时、空伴、共生规律，发现一类钨矿床，就应注意在这类矿床的边、深部寻找其它类型的钨矿床组合。如在近地表外接触带发现"钨帽"型钨矿床，则应在深部寻找原生的黑、白钨矿床系列，即如已发现石英脉型和层控型矿床，则应在接触带寻找矽卡岩型、伟晶岩型及斑岩型钨矿床以及在内接触带寻找花岗岩型、云英岩型和石英大脉型等钨矿床，反之亦然。因此，不同成矿系列中的不同类型的钨矿床，均可互为找矿标志。

二、钨矿床中金属元素的带状分布

从实质上说，带状分布就是矿床中的金属元素、矿物或矿物组合在空间上和时间上的分布规律。虽然分带的类型复杂、形式多样，然而基本上都与成矿的"期、段"相对应，在成矿期中的同阶段成矿沉淀分带和多阶段成矿脉动分带，表现为水平方向或垂直方向这两种方式。

我国钨矿床普遍经历了复杂的演变过程，主要成矿期均在岩浆期后（如图3）。在同一成矿期中，矿物沉淀的先后顺序依次可划分为硅酸盐→氧化物→硫化物→碳酸盐类四个成矿阶段的演变系列，成矿温度由高温向低温递变。在单个钨矿化作用过程当中有用组分自岩体或矿化中心向旁侧常常依次出现稀土→铌、钽（钨、锡、铍）→钨、锡(铋、钼）→（钨、锡）铜、铅、锌→钨（锑、汞）。据华南地区已总结的钨矿床在垂直方向上的同阶段金属元素分带主要表现为顺向分带（如表2）。然而，与钨矿化有关的燕山期花

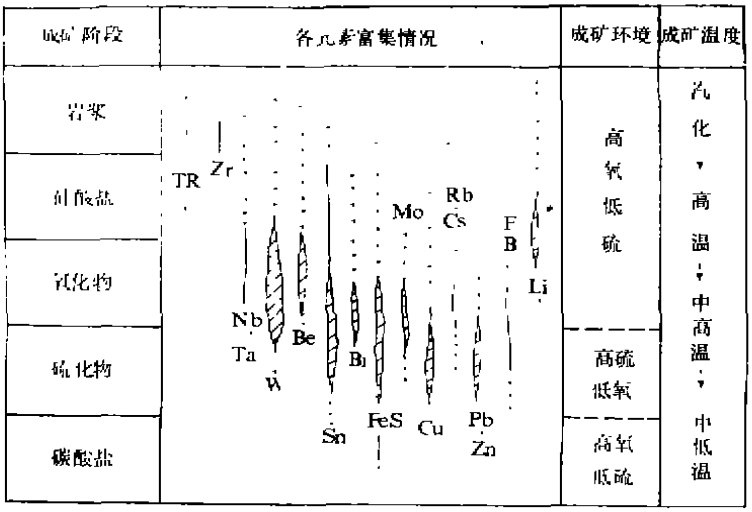


图 3　中国钨矿床主要伴（共）生元素在各阶段富集示意图

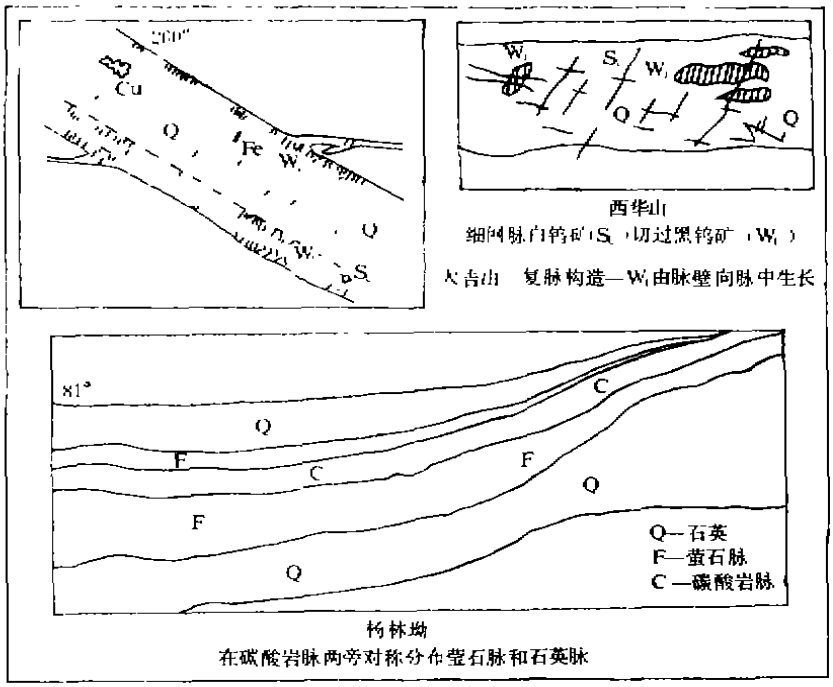
华南钨矿床金属元素的垂直分带　　**表 2**

矿区名称	由火成岩体向外向上金属元素分带	分带类型
大吉山	TR—→Nb.Ta—→W.Be.Bi.Mo	顺向
栗木	Nb.Ta.Sn—→W.Sn—→Li.F	顺向
荡萍	W.Mo.Be—→W.Be.Bi—→W.Cu.Pb.Zn	顺向
漂塘	W.Mo.Be—→W.Sn.Cu.Zn—→S.Fe.碳酸盐	顺向
岿美山	W.Mo—→W.Sn—→Cu.S	顺向
珊瑚	W.Sn—→W.Sb—→Sb.Hg	顺向
柿竹园	Ta.Nb.W—→W.Sn.Bi.Mo—→W.Cu.Pb.Zn—→Pb.Zn.Sb.Hg	顺向(水平)
西华山	W.Pb.Zn—→W.Mo.Bi—→W.Be.Sn	逆向
川口	W.S.Cu—→W.Bi.Mo	逆向
大吉山中组脉	Be.Fe.S—→W.Be	逆向
广东某硫化物黑钨矿	W.Cu.Pb.Zn—→W·Sn—→W.Be	逆向
沃溪	Sb.As.FeSz(Au)—→W.Bi	逆逆
黄沙	W.Cu.Pb.Zn—→W.Bi(Ag)	逆向

岗岩经常是多期、多阶段的小型复式岩体，燕山期强烈的多期次的断裂活动及花岗岩浆的多次上侵，使钨矿成矿过程更为复杂。在同一个矿区，往往成矿期和成矿阶段随着岩浆的演化也表现为多阶段成矿，如岿美山为4个阶段、盘古山为5个阶段、大吉山为6个阶段、西华山、漂塘均有7个成矿阶段[4]。多阶段成矿是构造脉动和成矿作用脉动的体现。在矿石结构、构造和矿物沉淀序列上常有穿插、交替、复脉、叠加、超覆和退缩等特征（如图4），导致多阶段成矿系列的元素和矿物混合在同一空间。因而在华南地区的不少钨矿床常又表现为垂直逆向分带（如表2）。

综上所述，我国钨矿床金属元素的分带类型既有“顺向”也有“逆向”(包括水平、垂直）分带，在个别矿床，“顺、逆”向分带可同时出现。如大吉山等矿，即表现为“混合分带”。但不论何种分带类型，均有以下分布规律：

（1）早期早阶段生成的矿物或元素在



西华山
细网脉白钨矿（S_1）切过黑钨矿（W_1）

大吉山　复脉构造—W_1由脉壁向脉中生长

杨林坳
在碳酸岩脉两旁对称分布萤石脉和石英脉

图 4　华南若干钨矿床成矿多阶段特征分布图

近矿化中心或矿床底部分布；晚期晚阶段生成的矿物或元素远离矿化中心或在矿床上部分布。

（2）成矿期虽有多次，而每次矿化矿物均遵循从硅酸盐→氧化物→硫化物→碳酸盐的演变系列。不论矿化强弱和成矿金属元素的变异，矿化末尾均有大量的硫化矿物产出。

（3）成矿作用阶段的超覆、退缩和叠加是影响我国钨矿床带状分布的重要因素，矿化在不同空间的强度直接受其控制。

运用以上规律，如果在矿床上部或外围发现Pb、Zn(Sb、Hg)矿化，深部或矿化中心就有可能找到W、Sn、Be、、(Cu、Bi、Mo)矿，在底部花岗岩体中也可能找到Nb、Ta矿和稀土矿，等等。在找矿中，若在近地表矿脉出现大量的Li、F等挥发份矿物和低温矿物组合，下部必有原生矿床分布；若在矿脉底部氧化物与硫化物（O/S）比值递减，深部钨的矿化也就将接近尾声了。

根据中国钨矿床的成矿系列和金属元素带状分布规律，在一个地区、一个成矿带乃至一个矿点，深入细致地研究钨矿床的成矿系列和带状分布，对进行区域或具体矿床的矿产预测，尤其对深部矿体和盲矿体的预测，以及合理地布置矿产普查和勘探都能提供实用的科学依据。

三、川口钨矿的找矿实践

川口钨矿在矿区边、深部找矿勘探中应用了上述钨矿床成矿理论。

原川口矿区的内接触带陡倾斜石英大脉型黑钨矿床经30—40年的开发，地质储量已经消失，矿区面临闭坑。矿山依照上述理论在川口区范围内及附近小面积的找矿中，寻找出有利的成矿靶区，于七十年代末期至八十年代初期在紧邻川口区西北部找到了杨林坳外接触带缓倾斜石英细脉带特大型黑、白钨矿床。新、老矿区为F_{2_4}大断层所隔（如图1

（下转第23页）

维普资讯 http://www.cqvip.com

力求在现有设备条件下提高系统作业率，使总体经济效益达到最优。笔者对露天矿胶带排土系统的排土场可移式设备工作参数做了优化方面的研究，结果如下：

（1）排土方式为扇形排土。

（2）下排高度55米，上排高度10米。

（3）死区用推土机处理。

（4）移动带头部移置步距为50米。

（5）排土机移动步距为19米。

（6）排土机作业方式：在新排土带上下向前进式和上向前进式后排。

（7）下向排土带进路宽度43米，上向排土带进路宽度30米。

（8）排土臂工作仰角：上排时10°～12°，下排时0°～2°或6°～8°。

S铁矿采用该组优化参数后获得较好的经济效益，在1989年和1990年研究试验期间已创直接经济效益283.61万元，预计节约总的经营费用769.21万元。在1989年以前，该矿的排土机工作参数极不合理，造成很大浪费。表4为S铁矿1989年以前排土机下排移动步距的一组实测值，平均值为9.6米。研究人员在优化该参数时，综合考虑胶带系统和推土机总体效益最优，同时优化计算出的参数值能满足推土机安全作业高度要求和排土场沉降量的要求，计算结果为19米。实践证明，采用该数据指导生产技术上是可行的，减少排土机移动次数一倍多，增加了系统作业时间。

排土机下排移动步距实测值　表4

序　号	1	2	3	4	5	6	7
移动步距（m）	10	6.4	8.9	10	5	6.8	20

胶带排岩工艺能否推广使用，关键在于其经济效益是否显著。S铁矿的生产实践表明，提高胶带系统作业率是提高胶带排岩系统经济效益的有效途径。

（上接第33页）

杨林坳部分），两种不同成因类型的钨矿床的工业矿体仅相距百米。并且，在杨林坳钨矿床的找矿勘探中，发现地表以下75米范围内为一新的钨矿床成因类型——“钨帽”型石英细脉矿床[5]，脉幅一般为3～5厘米。在强氧化的地球化学环境下，大部分原生黑、白钨矿物发生氧化、水解、溶蚀，使矿床上部WO_3被淋滤成离子吸附型的含钨褐铁矿、铁、锰钨华等多种氧化矿物残积，运用通常的光谱分析和物相分析不能确定钨矿物的存在形式。在找矿过程中，由于受传统观念的影响，在初期仅对单、大脉取样分析，几乎在普查找矿中造成矿床深部原生钨矿床的遗落。在新理论的指导下，经多年地质勘探，川口钨矿杨林坳矿区探获WO_3金属储量30.7万吨，并于1988年初得到湖南省储委的审查通过。矿石平均品位0.471%，其中工业WO_3金属储量16.3万吨，平均品位0.46%。目前，一座投资1100万元、日处理矿石量600吨、采用重、浮选矿流程的新选厂正在建设当中，拟定1992年底建成投产。投产后，每年可产钨精矿850吨，矿山服务年限长达百年以上。新的钨矿床成矿理论指导了川口钨矿的找矿活动，扩大了矿山资源储量，使老矿重又焕发了青春。

本文参考和引用了李炳韬、章崇真和李佩兰等同志的资料或图件，在此致谢。

参　考　文　献

[1] 程裕淇等，《中国地质科学院院报》，1979年第1卷第1号。

[2] 章崇真，《地质与勘探》，1983，第11期。

[3] 周厚室，冶金部地质干部学习班讲座，（花岗岩类矿床的分带和成矿系列），1981年。

[4] 杨杨，《地质与勘探》，1988，第1期。

[5] 王秋衡，《地质与勘探》，1990，第4期。