

冶金部北京冶金地质研究所
矿床论文选集

一九八三年十一月

目 录

华南某些层控铜矿床若干问题的探讨·····	康永孚(1)
长江中下游铜矿床主要类型成矿特征及其成矿复合模式·····	王之田(13)
铜矿集中区的主要类型和铜矿床形成条件·····	姜齐节(27)
中国层控铜矿的分类和成矿规律·····	范林道(32)
我国泥盆纪生物—环境对层控金属矿床的成矿控制作用·····	杨松年 缪远兴(49)
海相火山型铁矿床的岩石含矿性特征·····	姜福芝(53)
冀东前震旦纪变质铁矿成矿规律及成矿预测·····	周学岳(65)
万山汞矿包裹体特征及其矿床成因意义·····	叶 欣(85)
成矿模式研究的若干问题·····	朱关祥(83)
矿产研究与矿产资源利用——对矿产地质工作几点认识的商榷·····	李章大(98)
国外主要铜矿床类型及某些成因解释·····	陈 刚(105)

华南某些层控钨矿床若干问题的探讨

康永孚

近些年来,在矿床学领域中,如雨后春笋,出现了许多新的理论和新的观点,改变着矿床学的研究面貌,加速了找矿勘探的进程。例如,层控成矿和多元成矿的理论,成矿系列和成矿模式的观点,成矿世代和矿床组合的见解等等。尽管这些新的理论和新的观点,还不很完善,仍有一些值得进一步推敲的问题,但是,它们都是长期以来应用一些新方法和新技术,不断进行找矿勘探工作的实践经验的总结。尤其是在地表有显示的矿床已经濒临找寻殆尽、找矿勘探的难度越来越大的今天,应用这些新理论、新观点和新见解,结合区域成矿构造和区域成矿规律进行研究,已在不少老矿区的周边或在新的成矿区(带)找到和继续勘探了一批新矿体、新矿床和新的成矿远景区。显然,这是应用这些新理论、新观点和新见解、结合新技术和新方法的研究成果。因此,根据区域地质特征,坚持不懈地应用这些新理论、新观点和新见解,深入研究矿床成因及其成矿过程,是我们扩大找矿眼界、发现新的矿产资源、开辟地质勘探新局面的一项重要任务。下面仅就华南某些层控钨矿床生成问题提出一些不成熟的探讨性的意见与同志们商榷,望批评指正。

层控矿床的一般概念

层控矿床或层控成矿,从它的原始物质来说,是沉积成矿或火山—沉积成矿,但是这只是一个成矿的原始阶段。如果说上述两类矿床的含矿层和围岩一致,或是与围岩成整合形态产出,随围岩同步褶皱,那就是“层控”矿床。那么,它与同生沉积矿床就没有什么区别了。因此,层控矿床决不是简单的沉积矿床。而是在沉积或火山—沉积之后,由于构造活动,经过成岩的后期阶段及其以后的再沉积作用、地下水作用、热流作用、火山作用、变质作用、以及混合岩化和花岗岩化作用等复杂的改造、再造或叠加,才能成为层控矿床。其次,层控矿床的形成,既然要通过复杂的后期改造、再造和叠加,那么它的形成,就必然要伴随大地构造的多旋回演化,通过一个长时期的发展,使其含矿物质活化、迁移、转化、再沉淀,才能完成这个过程,因而它的含矿层可以是一个特定层位,也可以是一个组、一个统、一个群、一个系、甚至可以是跨越两个系的一大套地层。最后,层控矿床的含矿层,还必需有特定的岩性,没有这个特定的岩性,矿质不可能集中,也就形成不了有利的储矿层位。由此可知,沉积或火山—沉积,复杂的后期改造、再造和叠加,以及具有特定的岩性地层这三个条件,对形成层控矿床来说,是缺一不可的。

对一般的沉积矿床或火山—沉积矿床来说,沉积作用和成岩作用是两个重要的成矿阶段。如陆源碎屑和火山碎屑沉积矿床、浅海化学沉积矿床、生物化学沉积矿床等,在沉积阶段,难溶的金属矿物可以由浪击作用、冲刷作用、海流作用等使其再分配,形成海滨残积砂矿

或各种冲积矿床。在成岩阶段，当沉积物被新的沉积物覆盖，与海水隔绝，经过压实成岩，露出地面，则可形成层状的古砂矿；如果海水中含有成矿溶液，则经海解作用或脱水沉淀，形成化学沉积矿床；如果海水中含有有机物，则被厌氧细菌分解，产生 H_2S 、 CH_4 、 NH_3 、 CO_2 等气体，将碳酸盐基矿物溶解成重碳酸盐，并将金属元素的高价氧化物还原成低价硫化物，介质由酸性逐渐变为碱性还原环境时，沉积物重新组合，则形成生物化学沉积矿床。其他如胶体矿物的脱水、压实，也可生成正常的沉积矿床。但是，如果在成岩阶段，还有新的海底火山喷发或喷气作用、热卤水作用等发生，则正常的沉积物也会受到强烈改造，这样形成的矿床也属于层控矿床。

层控矿床的形态产状，一般来说，都是层状矿床，但这种层状矿床的分布面积很大，延伸范围很广，矿层及含矿层的产出可以是连续的，也可以是不连续的，可以呈雁行状排列，也可呈条带状或层纹状分布；随着构造作用的产生，也可以和围岩同步褶皱。可是，由于受到后期的改造、再造和叠加，它的形态产状就变得复杂的多了。因此有呈厚层状的，也有呈薄层透镜状的，有呈囊状、块状、不规则状的，也有呈脉状、细脉状、微脉状的；而且这些脉体往往切割或穿插层状矿体及块状矿体，有时甚至成网脉状矿体。它既有沉积标志，又有热液特点，因而在附近没有岩体产出的情况下，我们过去常把它列入“低温矿床”或“远温矿床”的热液成矿范畴。而现在则由于新技术及新方法的应用和找矿勘探工作的发展，证明上述成矿观点是错误的。

由上可知，层控矿床的概念和传统的沉积或火山—沉积的层状矿床的概念完全不同。这是因为：第一，传统的层状矿床，虽然也受一定地层层位的控制，但成矿物质一般是与围岩同时生成的，即所谓同生矿床；而层控矿床则不是同生矿床，即使在沉积以后的成岩阶段，也另有新的成矿物质加入。第二，传统的层状矿床是由沉积或火山—沉积一种地质作用形成的，而层控矿床则是多种地质作用的产物。第三，层状矿床虽然也是受一定层位控制的矿床，而层控矿床则由于经过多次改造作用，除以一定层位控制的层状产出外，还要受围岩的次生构造控制，因而不一定都是层状矿体。第四，从成矿物质来源来说，沉积或火山—沉积矿床的成矿物质来源比较简单，多半是海浸或海退的一次性的，而层控矿床的物质来源，不但与矿源层有关，而且经过复杂的改造、再造和叠加，成矿物质成分是多来源的。因此，从成矿机理的角度来看，层控矿床概括了沉积或火山—沉积成矿、矿源层成矿、侧分泌成矿、卤水成矿、以及各种热液（火山的、变质的、岩浆的、混合岩化和花岗岩化的等等）成矿的概念，说明了成矿物质的多来源、成矿作用的多阶段、以及成矿过程的多成因的重要意义。这显然是几十年来矿床勘探和研究实践的经验总结。

层控钨矿床的地质特征

层控矿床是以沉积或火山—沉积作用为基础，在成岩成矿的后期，特别是在成矿以后，通过多次构造作用的演化，成矿物质不断活化、迁移、转化和再沉积，多次改造了原始沉积矿床的产状形态、结构构造和物质成份，才能造成层控矿床。层控钨矿床的形成也是如此，除仍残留原始沉积矿床的产状形态及其结构构造外，由于构造活动和新的成矿物质成份的加入，还有后期改造、再造和叠加的各种特征。

一、产出层位含钨丰度较高

层控钨矿床的产出层位及其附近，必然有含钨丰度值较高的矿源层。这个矿源层，如从一个具体的矿床来看，它只限于一定的地层层位；但从一个较大的区域来看，则可存在于一大套地层之中，而且含钨丰度较高。如柿竹园钨锡钼铋矿床，产出层位是上泥盆统余田桥组地层，它的含钨丰度值为7.8~15ppm；而其上部的锡钨山组地层和下部中泥盆统棋子桥组和跳马涧组地层，也有一定高度的含钨丰度值。

二、含矿岩系为碳酸盐—砂页岩组合为主

层控钨矿床的含矿岩系，多为碳酸盐岩（石灰岩、大理岩、白云质石灰岩）—砂页岩组合，如柿竹园、瑶岗仙、青塘等钨矿床；但也有产于变质砂—板岩及片麻岩—片岩组合中的，前者如沃溪钨铋金矿床，后者如滇东南南秧田白钨矿床；少数产于火山碎屑岩—砂页岩组合，如东乡枫林钨矿床。

三、层控钨矿床的分布特点

钨矿床一般分布在碳酸盐岩及砂页岩之接触面附近或其以下，砂—板岩组合的中上部，片麻岩—片岩组合的片理带中，火山碎屑岩—砂页岩组合的层间部位，呈多层状产出，与围岩界线大多数不明显。含矿层具角质砂卡岩带、似砂卡岩带、粉粒状硅质条带或退化带，呈区域性展布。

四、矿体产状及形态

矿体产状一般与围岩一致，呈层状或似层状，扁平透镜状，与围岩同步褶皱，但因受到多次改造和叠加的影响，矿体形态局部变化较大，有的呈囊状或藕节状，有的呈瘤状或揉皱状，并有脉状矿体交错穿插。

五、矿物组合和结构构造

一般矿物组合比较简单，以白钨矿组合较多，其次有黑、白钨矿或黑钨矿组合，其他还有赤铁矿和硫化物组合。它们的结构构造，一般有砂状变余结构、胶状结构、熔蚀交代结构、花岗变晶结构、海绵状及鲕状结构等，构造有层纹状、条带状和块状构造等。

六、标志矿物特征

标志矿物一般保留原始沉积产物，如胶状黄铁矿的同心圆环带构造，赤铁矿从硅质岩中析出的海绵状细胞结构。白钨矿呈细粒浸染状构造或集聚成层纹状、条带状构造；用紫外光灯照射，含辉钨矿多者呈亮橙黄色，少者呈天蓝色。黑钨矿呈黑色小板状晶体、楔状晶体，或与石英相间形成条带状构造、云雾状构造，具冲洗层理及沉积韵律等残余沉积特征。石英重结晶现象显著，大部沿残余沉积的微层理定向排列，普遍压碎，部分压扁拉长，具波状消光，说明遭受过强烈的构造作用。硅化石英颗粒度较基质石英增大，大部成多边形，边界清楚，常聚集成微细脉状，沿微层理方向展布，是在封闭条件下由侧分泌作用重结晶形成。石榴石具有与一般石榴石不同的环带构造，环带由均质与非均质部分组成，它是在构造应力作用下，原始石榴石被研磨成粉末，由重结晶而成。方解石的密度一般是2.71，在压应力作用下转变为石榴石时，其密度可增大为3.82~4.32。白云母（绢云母）沿微层理定向排列，显然是构造应力下形成的产物。其它共生矿物则多具变余结构。胶状黄铁矿的存在，表明在开放空间温度不高的环境下沉淀生成，这与日本黑矿床由火山喷气—热液沉积作用生成的黄铁矿极其相似，它无疑是火山喷气沉积成矿作用的一个重要标志。

七、围岩蚀变类型

围岩蚀变以砂卡岩化最为普遍，大多数均在两期以上，其次有硅化、云英岩化、钠长石

化和钾长石化、萤石化、退色化等，以及少量绢云母化和高岭土化。由于多次改造和叠加，围岩蚀变往往具有各种不同温度的多次重复叠置现象。

矿源层及其与钨矿的成矿关系

矿源层的概念，是1857年C. L. Knight提出的。按照他定的涵义：（1）大多数矿田中所有硫化物矿体的成矿物质，来源于构成这些矿田的沉积盆地中的一个特定层位所含的硫化物；（2）其后在岩石环境中温度上升的情况下，这些硫化物作过不同程度的迁移。也就是说，在沉积盆地中一个特定层位所含的硫化物，在温度上升的情况下，这些硫化物曾经迁移到大多数矿田中，形成所有的硫化物矿体。硫化物矿床如此，钨矿矿床也无例外。钨矿床的矿源层应当是一定区域内含钨丰度值在一定高度的地层。如以钨矿资料积累最多的赣南地区来说，本区出露不同时代的地层中钨的含量均有一定丰度。总的来看，变质岩系丰度较高，早古生代的地层又比晚古生代地层的丰度要高；而在早古生代地层中，不同岩性的丰度差异很大，寒武系地层比震旦系地层的丰度高得多。在寒武系地层里，岩性不同含钨丰度也不同，而其底部的石煤层比其顶部变质砂岩的丰度高出三倍；其次为炭质板岩及震旦—寒武系的变质火山碎屑岩，含钨丰度也较高。据曾宪荣的研究，赣南早古生代浅变质岩系的地层厚度约为15000余米，其中震旦—寒武系的变质火山碎屑岩和寒武系的石煤层，可以“借鉴”作为赣南钨矿成矿的矿源层。当然，赣南地区与脉状钨矿床直接有关的花岗岩体，出露面积约占全区四分之一，属于陆壳改造型花岗岩类，是由地槽和拗陷的堆积物经混合岩化或花岗岩化、以及与其有成因联系的重熔—再生岩浆作用生成的。与其成矿物质来源直接有关的占全区钨矿床总数约95%的脉状钨矿床，这里就不谈了。本文讨论的只是与层控矿床有关的矿源层。据韩久竹、胡心铭、刘世谦等研究，赣南地区各时代地层的含钨（钨、钼、铋）丰度为图1

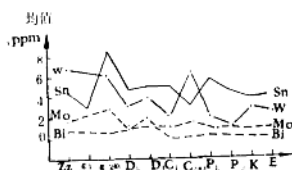


图1 W、Sn、Mo、Bi在地层中平均含量变化曲线图

（定量分析、据韩久竹、胡心铭、刘世谦）

所示：据图可知，由震旦系到古生界上部，含钨丰度总体上由高到低，震旦系到中、上寒武统最高，石炭系上部又出现了次高峰值，泥盆系上部也出现了一个较低的峰值。与此相应，层控钨矿已知有下寒武统的安远乌石坑，上寒武统的定南嵩美山和上犹焦里等，上泥盆统有龙南岗鼓山和于都庵前滩，下石炭统有于都的隘上和赣县的黄婆地，中、下石炭统有于都的青塘等；另外赣东的枫林钨矿也产于中、下石炭统地层中。

在湘西地区，元古界板溪群马底驿组中上部的紫红色绢云母板岩及钙质云母板岩中，其

中所夹的灰绿色板岩已证实多属凝灰质板岩，沿走向断续延展数十公里。板溪群的含钨丰度为5~15ppm；在附近地区另一次采样（可能是紫红色绢云母板岩）的分析，含钨丰度达16~18ppm。产出有沃溪、西安—桃安及西冲等钨—铋—金层控矿床。

湘东南地区，泥盆系中统的跳马涧组和棋子桥组、上统的余田桥组和锡矿山组地层，均有较高的含钨丰度值。其中跳马涧组17~18ppm，棋子桥组2.3~9.5ppm，余田桥组7.8~15ppm，锡矿山组1.3~9.2ppm。而且该区处于后加里东地槽的上叠拗陷，含钨物质从下古生代地层风化剥蚀、再沉积，因而含钨丰度较高，形成柿竹园大型层控钨锡铋矿床和瑶岗仙和尚滩层控白钨矿床。

桂中大明山地区，寒武—奥陶系及下泥盆统海相陆源碎屑岩地层，含钨丰度值均较高。在大明山层控黑钨矿区的外围平距7—30公里之间，三黎地区寒武系砂岩的平均含钨丰度6.10ppm，剑江沟寒武系砂岩平均竟达52.8ppm；百录地区奥陶系砂页岩平均8.77ppm；天平地区下泥盆统莲花山组砂岩平均含钨丰度17.93ppm，那高岭组页岩平均19.07ppm，郁江组砂页岩平均13.62ppm。可见，形成钨矿床的物质来源是丰富的。

其他在滇东南地区，麻粒岩—片麻岩—片岩的深变质岩区，也存在钨的矿源层。

总的来说，华南含钨矿源层及其与成矿的关系如下：

1. 华南具有多时代的矿源层，而层控钨矿床则绝大部分集中在燕山期产出。
2. 在矿源层的层位上，钨的含量并不均匀，变化很大；即使在钨矿集中的赣南地区，也不一致。它具有区域分布的特点，又具有层位分布的不均匀性。
3. 分析结果表明，含钨丰度最高的是粗粒级的岩石，一般细粒岩石含钨低。如在赣南地区，石英岩及石英砂岩含钨丰度最高，次为炭质岩、泥质岩、灰岩及粉砂岩，最低为硅质岩。湘东南地区，泥盆系的跳马涧组砂岩高于余田桥组含砂质条带的薄层灰岩，而后者又高于厚层白云质大理石。
4. 矿源层中除钨以外，其他金属元素的丰度亦与成矿有一定联系。如图1所示：在赣南地区，寒武系地层有高丰度的锡，相应地在西华山—杨眉寺地区的钨矿床，大多数副产锡矿；寒武系中上部地层有钼的高丰度峰值，相应地有漂塘、大龙山、木梓园等钨矿床的副产钼矿；泥盆系地层出现铋丰度的主峰值，也相应有益古山、黄沙、上坪等钨矿床的副产铋矿。

5. 各时代的矿源层之间有明显的继承性，震旦—寒武系的矿源层褶皱隆起剥蚀后，形成海西—印支构造层下部泥盆、石炭系的矿源层，很清楚地说明了它们之间的继承关系。

某些层控钨矿床成因问题的探讨

根据沉积或火山—沉积在成岩成矿阶段及其以后的海底热泉喷气作用、再沉积作用、地下水作用、岩浆热液作用、热流作用、火山作用、变质作用、混合岩化作用和花岗岩化作用等各种不同地质营力的改造、再造和叠加；并参照国外一些类似但不完全相同的钨矿床作为类比或借鉴，把层控钨矿床分为三类：

一、层控改造钨矿床

1. 江西枫林钨铁铜矿床：位于扬子准地台南缘，北东60°次级向斜构造的北翼。基底地

层为双桥山群千枚岩，不整合于基底之上的为石炭系地层。区内未见侵入岩，仅见有燕山期花岗岩斑岩小侵入体零星分布。下、中石炭统从华山岭组、梓山组到壶天群下部，均有火山岩产出，与石英砂岩、砂页岩及薄层灰岩产状一致，断续相连，长自数十米到300—400米，厚数米—20米不等。火山岩呈斑状结构，斑晶以石英和斜长石为主，石英具熔蚀结构及由于骤然冷却或流动摩擦扭力而引起的碎裂现象，基质为隐微晶质及脱玻重结晶结构，铁镁质矿物具明显的暗化现象，为水下喷发的流纹质英安岩；并伴有凝灰岩、层凝灰岩、凝灰质砂岩、硅质岩及硅质灰岩等。

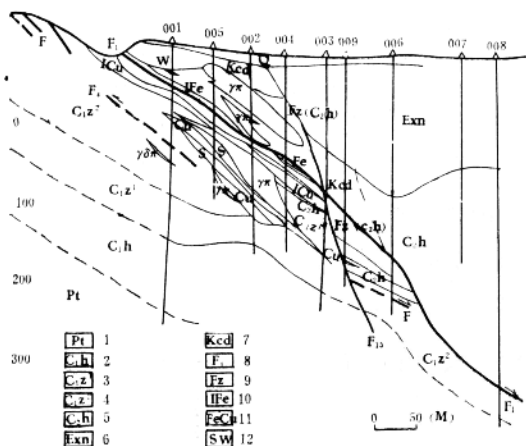


图 2 东乡枫林钨铜矿床○号勘探线剖面图 (据地质局911队)

- | | | |
|-----------|----------|---------|
| 1. 双桥山群 | 2. 华山岭组 | 3. 梓山组 |
| 4. 梓山组下段 | 5. 壶天群 | 6. 新余群 |
| 7. 喀斯特堆积 | 8. 断层及编号 | 9. 断层带 |
| 10. 矿体及编号 | 11. 铁、铜 | 12. 硫、钨 |

矿带延长2600米，宽400米，走向与地层一致，倾向南东 $35^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 。在矿区一平方公里的范围内，由上往下分布着铁硅质岩钨矿体8个，含钨铁硅质岩矿体4个，铜矿体6个，硫矿体1个。铁硅质岩钨矿体长100~700米，厚3~8米，倾斜延伸几十到300米。含钨铁

质岩铁矿体，长50~750米，厚4.4~10.98米。主要金属矿物有含钨赤铁矿、针铁矿、白钨矿、钨铁矿，次要金属矿物有软锰矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、钨锰矿等，脉石矿物有石英、萤石、方解石、重晶石、菱铁矿等。矿石结构以赤铁矿从硅质岩中析出而成的海绵细胞状结构为主，并常见有硅质岩重结晶和钨铁矿从赤铁矿中析出而成的似筛状结构，以及钨铁矿的自形晶粒状结构等。钨、铁矿石的主要构造有致密块状和与层理一致的条带状构造，赤铁矿和硅质物相间成条带；以及钨矿物和石英沿裂隙空洞生长，形成似梳状和晶簇状构造。围岩蚀变很不显著，有萤石化，产于钨、铁矿体上部；绢云母化和高岭土化，在流纹质英安岩中比较发育。

据地质科学院东乡研究队的实验，在硫酸铁溶液中加入钨，使其成为氢氧化铁 $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ 凝胶，脱水后形成赤铁矿进行分析，证明有70—80%的 WO_3 被 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 凝胶吸附。因此，认为钨呈离子状态被赤铁矿吸附，是有根据的。

地层含钨丰度，以流纹质英安岩最高，凝灰岩次之，再次为石英砂岩、硅质岩及炭质页岩，最低为薄层石灰岩。

本矿床在下、中石炭世，由于北东向断裂活动，引起地壳下沉，伴随有较长时间的海底火山沉积作用及成岩阶段开始的火山喷气—热泉沉积作用。（1）矿体上、下盘常有流纹质凝灰岩、凝灰质砂岩和层凝灰岩伴生。（2）矿体无例外地都与沉积岩整合产出，矿体中有时还有沉积岩夹层，并伴随沉积岩同步褶皱，（3）在沉积及火山岩中有矿源层存在。（4）矿体的结构构造显示明显的火山沉积特征，下部的硫矿体由胶状黄铁矿组成，具鲕状结构，同心环带构造，条带状构造，以及层纹状和揉皱状构造。铜硫矿体及铜矿体的部分黄铜矿呈葡萄状及环带状沉积构造，大量黄铁矿、黄铜矿、辉钨矿、斑铜矿细粒，形成浸染状及条带状构造。（5）铁硅质岩本身就是火山沉积的产物，致密块状和条带状构造、石英的重结晶现象和铁硅质岩的细胞状孔洞构造极为明显，说明成岩阶段由于火山热泉开始喷气产生次生构造活动而形成。（6）矿源层的含钨物质，伴随火山热泉喷气作用活化、迁移、集中、形成铁硅质岩钨矿体和含钨铁硅质岩铁矿体。

硫同位素组成，略富于 S^{34} ， $\delta\text{S}^{34}\%$ 为3~5，偏离范围很小，说明硫源主要来自地壳下部或上地幔，而又与海水生物硫发生均匀化作用所致。

根据爆裂法测温结果，胶状黄铁矿从210℃开始分解出自然硫，含钨硅质岩为160℃，热水沉淀的早期石英不高于200℃，据此估计，海水深度较浅。

由上所述，枫林钨铁铜硫矿床无疑是浅海火山沉积，在成岩后期及以后阶段，长期遭受海底热泉喷气作用，并可能有海底热卤水作用参与的影响，形成火山沉积、热泉喷气改造的层控改造钨矿床。

2. 美国萨莱斯湖 (Searles Lake) 现代卤水钨矿床：位于美国加利福尼亚州的萨莱斯湖的面积达150平方公里。剖面由下向上大致为：（1）底部泥质层，厚30米（年龄值3.2—4.5万年）；（2）下部盐层，厚10米；（3）中间含盐泥质层（年龄值1~2.3万年）；（4）上部盐层，厚20~29米。在（2）及（4）盐层中，饱含卤水，卤水含 WO_3 0.007%， Li_2O 0.018%， As_2O_3 0.019%， KBr 0.12%，此外尚含硼、磷等。由此估算， WO_3 储量约为75000吨，盐矿则为30亿吨。

萨莱斯湖的盐矿来自欧文斯河谷 (Owens Valley) 流域的盆地。卤水中的钨可能作为大量杂多酸离子存在，并杂以硼、砷、磷、锂的钨酸盐。作为钨的杂多酸离子可能部分吸附

于盐类矿物。这些物质的来源大致是通过原生硫化物的淋滤作用产生的。已知许多含钨堆积和含钨热泉，产于欧文斯河的汇水区。目前该区还有一个正在活动的热泉，含钨0.3ppm。已供给了萨莱斯湖卤水的钨金属，据说是可信的。

这里提出萨莱斯湖卤水钨矿床的情况，虽然矿床地质特征、时代、成因、以及生成机制，均与枫林钨矿床不大相同，但是有些因素可以与其类比。萨莱斯湖钨矿床，可能是盐湖沉积受含钨火山热泉的影响造成的层控改造钨矿床。

3. 广西大明山层状黑钨矿床：位于广西山字型构造前弧西翼和南岭东西向构造带的复合部位，地处大明山背斜北西倾伏端。基底为寒武系浅变质岩系，不整合覆盖着泥盆系下统莲花山组、那高岭组和郁江组砾岩、含砾砂岩、泥质砂岩、长石石英砂岩、含铁锰结核砂岩、细粒砂岩及页岩等。岩浆活动频繁，与成矿有关的岩体为斑状白云母花岗岩，测定年龄为86~110百万年，属燕山晚期。

层状黑钨矿矿床产于下泥盆统莲花组中部中、细粒泥质石英砂岩中；有些地段也见于莲花山组上部石英细砂岩及那高岭组下部砂质页岩中。矿体主要分布于七凤背斜的轴部及其两翼，走向北西，两翼倾斜平缓，呈层状、似层状产出，一般1—3层，最长达5层，呈迭层状。主矿层仅一层，走向延长近1000米，厚度比较稳定，一般厚为30米，最厚80米，沿倾斜向南西已控制深度3000多米。矿体产状与围岩一致，伴随围岩同步褶皱，仅个别小矿体与围岩成很小的锐角相交。矿体与围岩没有明显的界线，呈渐变过渡关系（图3）。

矿体的矿物成分简单，金属矿物有黑钨矿（分析结果为钨铁矿）、白钨矿（二者之比为2:1）、辉钼矿等，脉石矿物有石英、方解石、萤石等。矿体的内部构造，表现为明显的沉积特征，但又有岩浆热液叠加的特点。矿体具层理，主要由条带状矿石组成，矿石条带由粉粒状黑钨矿和糖粒状石英相间而成，有时黑钨矿作细粒状、针状、楔状、小刀片状在石英颗粒间呈云雾状浸染构造，具冲洗层理及沉积韵律特点，顺层分布和揉皱。此外，黑钨矿尚有明显的熔蚀结构、压碎结构，以及细脉交错构造和晶洞构造等。白钨矿则多呈细粒状散染于石英之中，有时为小团块，系交代黑钨矿而成。辉钼矿主要为鳞片状晶体或球粒状集合体，散染于石英间隙和细脉两壁，有时沿岩石纹理排列成条带状。矿体中细网脉状含矿石英脉穿插很多，纵横交错。围岩蚀变不强，在靠近白云母花岗岩的边缘有云英岩化，其他尚有微弱的硅化，绢云母化，重晶石化和萤石化等。

本区寒武系基底和下泥盆统莲花山组、那高岭组地层，都有矿源层存在，已在第三节叙述。矿区内石高斑状白云母花岗岩体，在其深度120米以上部分，含 WO_3 0.119%，明显地不及其围岩下泥盆统层状钨矿平均品位的一半，直到向南西延深500米，岩体的钨矿化仍然大致相同。在岩体与下泥盆统钨矿层接触部位的边缘，仍可清晰地见到黑钨矿与石英的原始同生条带构造，所不同的只是黑钨矿的颗粒减少，发生重结晶作用变为粗大完好的板状晶体，岩体边缘的围岩蚀变部分，也不具有钨的矿化现象。因此，矿区内泥盆统矿源层的存在，并未因斑状白云母花岗岩的侵入，带来更多的成矿物质成分；而只是由于岩浆热液产生的热流作用，对矿石的结构构造发生了改造作用。

根据包体测温结果，成矿温度、石英的重结晶温度和石英脉的形成温度，三者都在250~330℃之间，热容量相同，性质一致，表明成矿热源是由岩浆热液的热流作用供给的。

根据上述，大明山层状黑钨矿床，原应为下泥盆统沉积的古砂矿，受燕山晚期岩浆热液的热流作用影响，形成了层控改造黑钨矿床。

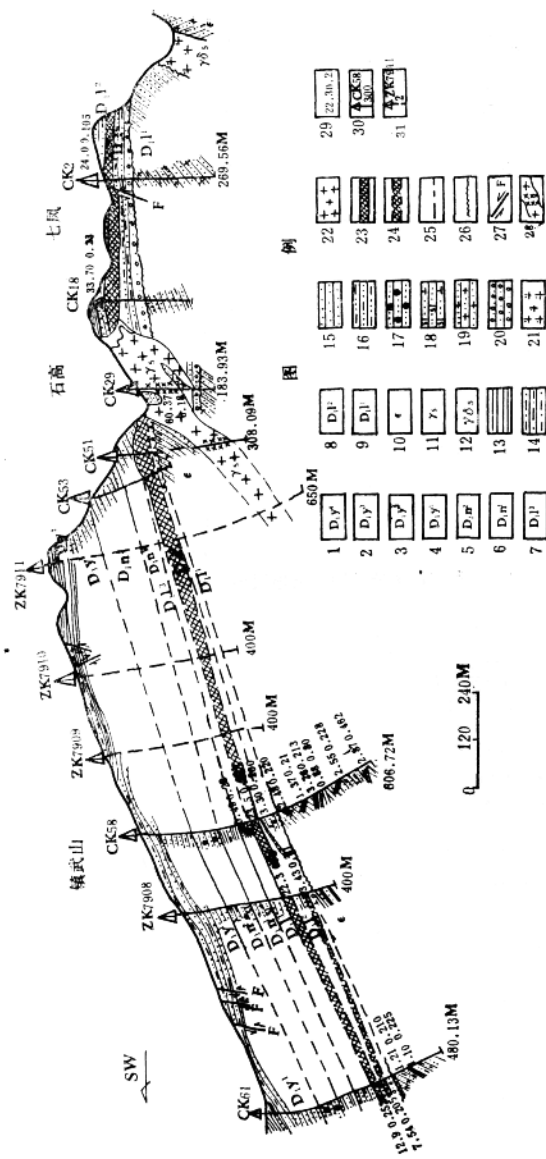


图 3 广西大明山层状黑铅矿床地质剖面图

1. 下泥盆统郁江组四段 2. 下泥盆统郁江组三段 3. 下泥盆统郁江组二段 4. 下泥盆统郁江组一段 5. 下泥盆统郁江组一段 6. 下泥盆统郁江组一段
7. 下泥盆统郁江组一段 8. 下泥盆统郁江组一段 9. 下泥盆统郁江组一段 10. 郁江组一段 11. 燕山期斑状白云母花岗岩 12. 印支—燕山期黑云母花岗岩长岩
13. 页岩 14. 砂质页岩 15. 砂岩 16. 泥质砂岩 17. 含铁锰硅质结核砂岩 18. 硅质钙质砂岩 19. 长石石英砂岩 20. 砾岩 21. 黑云母花岗岩长岩
22. 斑状白云母花岗岩 23. 实测矿体 24. 推测矿体 25. 实、推测地质界线 26. 实、推测地质界线 27. 断层 28. 岩体中含钙石英脉 29. 矿层假厚度(M)、品位
30. 已施工钻孔及编号、孔深 31. 设计钻孔及编号、孔深

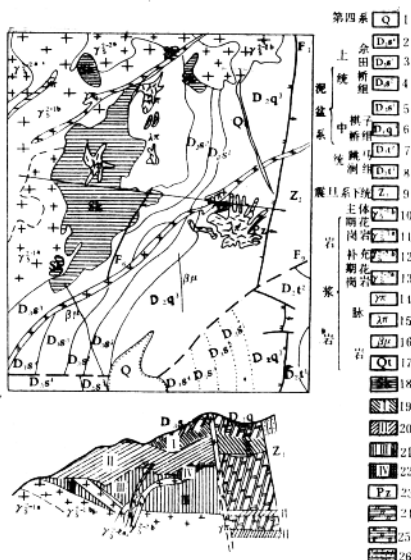


图 4 柿竹园钨锡钼铋矿地质图 (据地质局408队)

1. 冲积层砂砾卵石泥土
2. 第四段, 中一厚层灰岩及薄一中厚层泥质条带灰岩
3. 第三段, 薄一中厚层泥质条带灰岩夹厚层泥质条带灰岩
4. 第二段, 厚层含泥质灰岩及薄层泥质灰岩
5. 第一段, 厚层灰岩及中厚层含泥质灰岩
6. 上 段, 灰白色白云质灰岩
7. 上 段, 灰白色石英砂岩
8. 下 段, 紫色砂岩夹灰白色及暗绿色砂岩
9. 中一厚层、细一中粒绢云母砂岩夹板岩
10. 中粒黑云母二长花岗岩
11. 细粒斑状黑云母二长花岗岩
12. 细粒花岗岩
13. 细粒少斑状黑云母花岗岩
14. 花岗岩
15. 石英斑岩
16. 辉绿岩
17. 石英脉
18. 砂卡岩
19. 大理岩锡矿体
20. 砂卡岩钨钼矿体
21. 云英岩网脉—砂卡岩钨钼钨矿体
22. 云英岩钨钼矿体
23. 铅锌矿体
24. 白云质大理岩
25. 大理岩
26. 浅变质砂岩

二、层控叠加钨矿

1. 湘东南柿竹园钨锡钼铋矿床: 位于南岭中段, 华南加里东褶皱基底之上的海西—印支拗陷中。基底地层为震旦—寒武系砂板岩、千枚岩及硅质岩。不整合于其上的是泥盆系中、

上统地层：下部为中统跳马涧组砾岩、含砾砂岩、石英砂岩及粉砂质页岩；棋子桥组厚层及中厚层白云质灰岩；上统余田桥组薄层条带状泥质灰岩及中厚层灰岩；锡矿山组白云质条带状灰岩、燧石结核灰岩及泥灰岩。矿体主要产于泥盆系上统余田组桥灰岩中(图4)。

矿区构造处于北北东向复式向斜北部的扬起部位，向斜两侧各有一条断层而外倾的高角度冲断层，与毗邻的复式背斜相隔，构成一个对冲断陷式复向斜。区内断裂构造发育，由于多次活动伴随岩浆作用，导致矿化作用的多次叠加和富集。

区内岩浆作用频繁，同源间歇性特征明显。岩体侵入分四期：首先侵入的是千里山花岗岩体的主体期，岩体中心相为中粒黑云母二长花岗岩，边缘相为细粒斑状黑云母二长花岗岩，钾氩法测定黑云母年龄139~172百万年，属燕山期；其次为补充期细粒少斑状黑云母花岗岩；再次为花岗岩斑或石英斑岩；最后为辉绿岩脉。主体期与补充期花岗岩与钨、锡、钼、铋、铍成矿关系密切，花岗岩斑与石英斑岩与锡、铅、锌、硫成矿关系密切，辉绿岩脉则仅见黄铁矿化。

泥盆系中、上统地层的含钨丰度，已在第三节叙述。花岗岩成矿元素的含量如下表：

表1-1

单位：ppm

元素	岩体	主 体 期		补 充 期	花岗岩斑期
		细粒斑状黑云母二长花岗岩(边缘相)	中粒黑云母二长花岗岩(中心相)	细粒少斑状黑云母花岗岩	花岗岩斑岩
W		17	15	64	17
Sn		11	34	88	31
Mo		27	31	18	30
Bi		64	89	67	40
Be		55	67	25	40
Pb		140	153	311	200
Zn		50	59	78	27
样 品 数		11	16	9	6

柿竹园矿床规模巨大，形态简单，物质成分复杂。矿体呈舌状平卧产出，倾角平缓，南北长1000余米，宽60~300米，最厚达500米。矿体集中，重叠分布。矿物种类繁多，常见有白钨矿、黑钨矿、辉钼矿、辉铋矿、锡石、绿柱石、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等，脉石矿物主要有萤石、石榴石、透辉石、符山石、角闪石、长石、石英等。矿石的结构构造：黑钨矿常被白钨矿交代呈残余交代结构，较大的黑钨矿晶体常见白钨矿的镶边结构。熔蚀结构常见白钨矿熔蚀黑钨矿，辉铋矿熔蚀辉钼矿，硫化物熔蚀锡石的现象。矿石构造则有黄铁矿的致密块状构造，白钨矿、辉钼矿、锡石、辉铋矿呈细粒浸染状构造，黑钨矿、锡石、辉钼矿与石英平行相间产出的条带状构造，以及各种矿石矿物和脉石矿物组成的脉状及细脉状构造，交切生长。

围岩蚀变作用，以矽卡岩最为普遍而强烈，与矿体的范围重合，因而矽卡岩分布的范围就是矿体分布的范围，矽卡岩化蚀变的强弱就是矿化强弱的部位。其次为萤石化，亦较普遍

而强烈,在砂卡岩和长石脉中,与白钨矿、辉钼矿、辉钨矿相伴产出。再次为长石化,主要为奥长石化,发育在砂卡岩体中心部位的上部及其边缘,并穿插交代砂卡岩矿物,而又被萤石和辉钼矿所交代,也是一次分布广泛而强烈的蚀变作用。最后为云英岩化,发育在补充期花岗岩的顶部,伴随钨、钼、铋的矿化,形成工业矿体。此外,尚有绿泥石化、大理岩化、硅化、绢云母化等。以上各种不同的蚀变和矿化,有其一定的分带性:中心蚀变为云英岩化,以白钨矿化为主,伴以锡、钼、铋矿化;紧接着是砂卡岩化叠加长石化及云英岩化,出现钨、锡、钼、铋矿化;再向外及向上是砂卡岩化,钨、铋为主要矿化。

各类矿石的硫化物硫同位素的变化都不大,辉钨矿的 δS^{34} 为5.20~6.20‰,黄铁矿为4.14~8.13‰,闪锌矿为6.36~9.77‰,都具有来自地壳改造型花岗岩岩浆的特点,分馏明显,说明矿床为同源多期岩浆多次热液蚀变矿化的特征。

成矿温度,根据包体均化法测温的结果,主体期花岗岩为320~620℃,补充期花岗岩为390~550℃,花岗斑岩为190~230℃(爆裂法),辉绿岩为190~200℃。表明从早到晚温度依次降低,热液由气相、液相各半转变到以液相为主;热液盐度也是依次降低的。

综上所述,柿竹园钨锡钼铋矿床,花岗岩侵入是同源、多期、多阶段活动的,而矿床的成矿物质来源,却是由花岗岩浆的侵入,攫取了震旦—寒武系矿源层的成矿物质;当岩浆继续侵入上升时,泥盆系各统的矿源层又受到岩浆热液作用的影响,使成矿物质活化、迁移、富集、再沉淀,而在余田桥组灰岩中形成规模巨大的砂卡岩型层控叠加钨锡钼铋矿床。

2.云南北田白钨矿床:位于华南褶皱系滇桂台向斜的西南端。出露地层为下寒武统到中寒武统田蓬组深变质岩系。岩系层序:底部为黑云母斜长片麻岩和二云母花岗岩片麻岩,具眼球状及条带状构造,局部有混合花岗岩;下部为角闪斜长变粒岩、透辉黑云角闪片麻岩,夹黑云母斜长片麻岩及石英电气石岩透镜体;中部为云母石英片岩、绿泥石英片岩、电气石石英片岩、黑云母斜长片麻岩、石英电气石岩、似砂卡岩化变粒岩及似砂卡岩数层,含白钨矿体;上部为白云母斜长片麻岩、二云母斜长片麻岩,夹少量变粒岩。

矿区西端出露老君山酸性岩体,为燕山早期侵入的二云母斑状花岗岩,测定年龄为186.2百万年。岩体分三期侵入:第一亚期规模最大,呈环带状分布于岩体周围,为中、粗粒含斑二云母花岗岩;第二亚期分布于岩体中心,为中、细粒二云母花岗岩;第三亚期为花岗斑岩,零星分布于岩体内外。岩体含钨分别为0.0015~0.005%、0.005~0.01% (有时高达0.05%)、0.05~0.06%。在岩体内外接触带,有很多含矿岩脉。

似砂卡岩矿体分布于云母石英片岩及绿泥石英片岩的上部层位,底板为电气石石英片岩,受岩石片理的严格控制,与似砂卡岩呈大面积展布。似砂卡岩单脉厚度数米至十数米,总厚50~80米,单脉长度已知600米左右,总长度断续延伸达6公里以上,深度已知在600米以上。似砂卡岩与片岩、片麻岩、砂卡岩化变粒岩呈互层产出,似砂卡岩往往过渡为透辉石绿帘石变粒岩(图5)。

似砂卡岩白钨矿矿体与片岩、片麻岩产状一致,伴随围岩同步褶皱。含矿岩系中钨的丰度值:片岩、片麻岩含 WO_3 为0.003~0.01%,石英电气石岩0.006~0.06%,透辉石绿帘石岩0.004~0.06%。说明在下、中寒武统地层中原来就有矿源层存在。由于岩浆热液的多次活动,钨、锡、铋、锑、石英、电气石、长英岩脉等往往穿插在似砂卡岩层状矿体中。

矿体中的金属矿物以白钨矿为主,常呈星点状沿层理分布或浸染于似砂卡岩中,其次有黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂、锡石等,非金属矿物有透辉石、阳起石、透闪石、绿帘



图 5 南秧田白钨矿田地地质平面示意图

- | | |
|---------------|--------------------------|
| 1. 燕山期二云斑状花岗岩 | 2. 花岗片麻岩 |
| 3. 角闪变粒岩、片麻岩 | 4. 片岩、砂卡岩、片麻岩、变粒岩、石英电气石岩 |
| 5. 白云母斜长片麻岩 | 6. 白钨矿层 |
| 7. 似砂卡岩层 | 8. 花岗岩斑岩 |
| 9. 冲积层 | |

石、黝帘石、长石、石英、电气石、萤石等。它们的结构构造，多呈星散状及浸染状结构、变余砂状结构、花岗变晶结构等，以及条带状和层纹状构造。后者随似砂卡岩的走向延伸。矿体的围岩蚀变以砂卡岩化为主，其次有云英岩化、硅化、绿泥石化、萤石化等。

综上所述，南秧田白钨矿床，产于下、中寒武统变质岩系，其中已知有矿源层存在。由于区域变质作用和混合岩化作用，形成似砂卡岩型层状白钨矿，与片岩、片麻岩、变粒岩呈互层产出。矿床与围岩产状一致，矿石构造呈条带状和层纹状，与围岩同步褶皱。到燕山早期老君山花岗岩体侵入，又挟带了部分成矿物质成份，叠加在似砂卡岩矿床之中。因此，南秧田钨矿床是一个似砂卡岩型层控叠加白钨矿床。

三、层控再造矿床

1. 湘西沃溪钨锡金矿床：位于雪峰复背斜东北端，构造线由北东转向东西的转折部位，处于古佛山背斜的北翼。出露地层简单，底部为元古界冷家溪群，为一套巨厚的浅变质海相碎屑岩。不整合于冷家溪群之上的为板溪群，分上、下两组：下组为马底驿组紫红色条带状绢云母板岩，夹灰绿色凝灰质板岩，局部含钙质条带和团块，氧化钙含量较一般板岩高7.5倍，铁质高一倍，矿体即赋存于这一有利地层的中上部层位，上组为五强溪组，与马底驿组呈断层接触，为灰绿色中、细粒石英长石砂岩，由于后期的变质作用，铁泥质重结晶成绢云母，局部可见石英颗粒有自生加大现象。白垩系地层不整合于板溪群之上，为厚层红色砾岩，偶见石英辉锑矿砾石。

似，变化区间不大，但负值较多，热源可能主要位于地壳深部，而部分来自海水生物沉积。根据60个包体样品的测温结果，温差变化在 367°C — 138°C 之间，其中石英为 312°C — 310°C ，白钨矿为 282°C — 271°C ，钨铁矿为 268°C ，自然金为 267°C — 262°C ，黄铁矿为 232°C ，辉铋矿为 183°C — 138°C ；温差间隔以石英（ 122°C ）最大，次为钨铁矿（ 88°C ），再次为辉铋矿（ 72°C ），其余均在 37°C 以下。由此说明，成矿温度较低，属中—低温矿床。

湘西元古界板溪群地层含钨丰度5—15ppm，有的地区高达15—300ppm，高于克拉克值数倍至数百倍，可见板溪群的某些部位存在钨的矿源层。矿区内无岩浆岩出露，甚至在深达1700米的深部亦无岩浆岩的迹象，只在距矿区以东15公里处有细小的闪长岩脉出露，因而它的成矿与岩浆热液没有直接联系。但是，元古界板溪群地层沉积以后，经过雪峰（晋宁），加里东，海西—印支，直到燕山期，地壳频繁强烈运动；其中以雪峰运动对湘西地区影响最大；形成大面积的区域浅变质岩系。因此，区域变质作用及其产生的热流作用和变质水的作用，使板溪矿群源层的成矿物质多次活化、转移、集中于马底驿组中、上部的层间断裂、网状裂隙和节理裂隙，与围岩发生作用，而生成侧分泌矿床。它既不是一个同生沉积的矿床，又不是一个与岩浆热液有关的矿床，而是晚于围岩形成的后生矿床。所以，我们认为湘西沃溪钨铋金矿是一个由侧分泌作用形成的层控再造矿床。

下面列出两个国外层控再造钨矿床的例子，虽然矿床的成矿机理各有不同，但可作为借鉴，以供探讨。

2. 奥地利的费尔伯特尔（Fellbertal）白钨矿床：位于米特尔希尔（Mittersill）附近，是一个大型钨矿。产于早古生代火山沉积—变质岩系中，未发现碳酸盐岩地层。含白钨矿岩系厚达300米，走向延长2500米，在成因上与海底火山喷发沉积有关。含钨岩系一致遭受了区域变质作用的影响，变质为铁铝榴石绿岩，在构造上也受到变动，可能是阿尔卑斯运动发生的结果。有些品位较高的矿石与细粒石英形成条带或狭长的透镜体。其他金属矿物有磁铁矿、黄铁矿、辉钼矿和辉铋矿，另外还产金和银。截至1978年底已探获A至C₂级矿石储量24.5万吨，WO₃品位0.5%（边界品位0.3%），金属量16840吨，1976年开始投产。据说该矿床东部地段，尚有扩大远景的可能。由上述可知，费尔伯特尔矿床，原属火山沉积，以后遭受了区域变质作用，因而形成了层控再造白钨矿床。

3. 欧洲南部和近东一带的钨铋矿床：产于晚寒武—晚志留系和准火山岩有关的岩石组合的一定层位，其中钨、金、银、铋和铍与基性火山岩作用、特别是与富含硅酸的残余溶液有成因联系。矿化程度随区域变质程度的强弱而变化：一般情况是：从绿片岩相到部分深熔片麻岩，白钨矿相应地形成浸染体、细脉和矿瘤；在闪长岩体中形成变斑晶与石英共生的伟晶状透镜体或裂隙脉；在片麻岩中与石英形成条带或透镜体，有的含金，有的不含金。副产金属元素有金、银、铋、铜、铍等，部分与白钨矿富集在一起。有些地方还可形成单独的变质热液矿床。在完全发生深熔作用和花岗岩化作用之处，也会产生花岗质岩浆，因而在分异过程中，则可生成钨、金、银、铜、铋、铍等岩浆热液矿床，甚至也能形成接触交代矿床。因此，这些不同类型矿床的形成，是在火山沉积的基础上，由于花岗岩化作用和不同程度的区域变质作用，在不同的地质环境中，使成矿物质活化、迁移、再沉积，造成了各种层控再造白钨矿床。

层控钨矿床与找矿

层控钨矿床的找矿，一定要与各类钨矿床的找矿密切联系起来。凡是有脉状钨矿床、矽卡岩型钨矿床、斑岩型钨矿床、以及其他与沉积或火山—沉积作用、区域变质作用、岩浆热液作用、地下水和地下热流作用、混合岩化和花岗岩化作用等有关的钨矿床产出的地方，都要重视寻找层控钨矿床。

一、区域地质和地质区划是找矿的前提

在地质找矿工作中，一定要利用已经出版的和已经成图的1:20万或更大比例尺的区域地质图和地质区划图及其有关图件，详细研究区域成矿构造和区域成矿规律。根据区域成矿系列和矿床组合，发现有利成矿构造及有利成矿层位，分析有利地质条件，选择优势找矿地区。这样，在认真研究分析基础地质资料的基础上，才能进一步选择找矿手段，着手编制找矿计划。

任何一个地质体（包括矿体）的生成，都是受一定时间和空间制约的。时间条件是指地球在发展历史中，某一地质时代往往以某种地质体出现为特征；空间条件是指一定的地质体必然发生在一定的地质环境，没有一定的地质环境，就不可能有这种或那种地质体产生。因此，一句话，找矿必须按照地质规律办事。在八十年代的今天，如果还是按照五、六十年代，“采样—划圈—打钻”那样一套办法来找矿，是不会取得良好经济效果的。

二、找矿工作基本上就是地质工作的综合

“以地质找矿为中心”，实际上就是要一丝不苟地、扎扎实实地进行地层、构造、岩石的基础地质工作。为了很有效地完成这项任务，就必须使调查与研究、理论与实际、野外与室内、业务与管理紧密地结合起来。特别是在今天地表矿已经不容易直接找到的情况下，更要不断引用新理论、新技术和新方法，间接地发现隐伏和半隐伏矿床的线索，从而用适当的方法追索矿床的产出部位，这是我们地质工作者当前的一项重要工作。

三、传统的方法和区域成矿模式研究相结合进行成矿预测

传统的地质测量法、重砂法、金属测量法、分散流法、化探扫面法、汞量测量法、以及土壤测量和磁测相结合，对于找寻包括层控钨矿在内的各类钨矿床来说，还是有效的手段。但是，需要结合区域成矿模式的研究，预测可能有何种类型钨矿出现，然后根据地质条件，选择更为有效的找矿手段，是事半功倍的。

四、重视区域地球化学研究

通过认真的成矿预测，认为确实可能有层控钨矿床存在时，地球化学找矿手段就显得更为重要了。目前，在华南地区已经初步确定有元古界板溪群、震旦—寒武系、泥盆系、中、下石炭统四个矿源层。但是矿源层的分布是不均匀的，有其区域特点和层位特性。因此，就是上述四个矿源层，在华南地区的分布如何？含钨丰度如何？以及其元素特征、区域沉积条件和沉积历史等，还需要继续深入研究，不断积累更多的资料，才能确定。所以，区域元素地球化学区划和成矿元素的分布规律，对于发现层控钨矿床，就有十分重要的意义了。