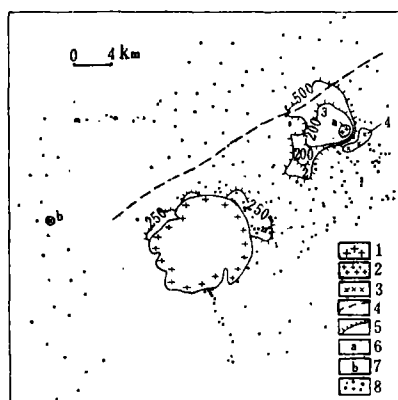


国外卤素地球化学测量综述

为了提高化探找矿深度,易挥发性元素的研究发展较快,近十几年来,除以前被广泛运用的易挥发性元素(As、Sb、Hg、B)外,卤素是受到特别重视的。据国外情况显示,应用最多的是氟和碘,其次是氯,溴则很少应用。

卤素在找矿中的意义

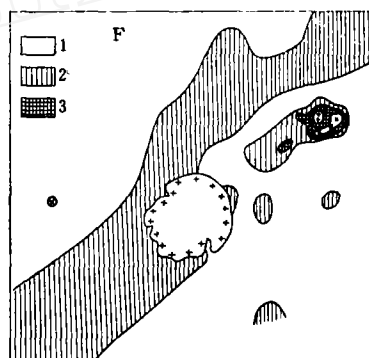
1.判断岩体的含矿性 近年来,美、日等国,通过含矿与不含矿花岗岩类岩体中氟、氯含量变化的研究表明,可用以判断岩体的含矿性。例如在日本,含铜、铅、锌矿床的花岗岩类或与成矿有关的花岗岩类中,氯含量很高。赤金矿山花岗闪长岩岩株,氯的平均含量为163ppm,釜石矿山蟹岳花岗闪长岩岩体,氯的平均含量为378ppm。含铅锌矿的对岛新第三纪花岗岩中为790ppm。不含矿的花岗岩类则为134ppm。与锡、钨矿化有关的花岗岩富氟,与斑岩型铜矿床有关的花岗岩类富氯。在美国,利用斑岩体内黑云母中氯的含量变化,可区分无矿与含矿斑岩体,弱矿化或不含矿斑岩体,黑云母中氯含量小于2000ppm。在墨西哥,与成矿有关的侵入体则富氯,等等。



图例: 花岗岩体 1—阿东契伦; 2—黑电气石山; 3—大火山和高火山石英斑岩; 4—深大断裂带; 5—地下侵入体深部埋藏顶板的等高线(米); 6—矿床和矿点; 7—阿雷布拉克石英斑岩体; 8—取样点。图中矿点标号: 1—黑电气石山; 2—哈里瓦利奇克火山; 3—托利亚图依; 4—大火山

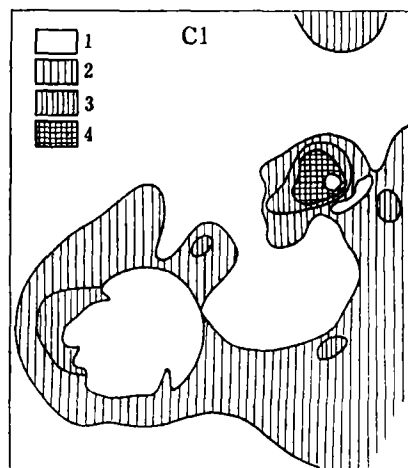
图1 黑电气石山矿结略图

2.圈定矿结 在苏联,黑电气石山矿结是由黑电气石山和阿东契伦侵入体组成,它们可能在深部连为一体。云英岩型和热液型钨、锡矿床产在侵入体上方的沉积变质岩层中及侵入体内部。黑电气石山侵入体剥蚀程度很弱,地表出露面积为1.5~2公里²。阿东契伦侵入体剥蚀强烈,地表出露面积为70公里²。岩石地球化学测量结果表明,在侵入体周围和上方出现了清楚的氟和氯晕,圈定了矿结(图1~3)。



1—衬度系数值为1~1.0; 2—衬度系数值为1.8~3.7; 3—衬度系数值大于3.7

图2 黑电气石山矿结的氟晕



1—衬度系数值为1~1.0; 2—衬度系数值为1.2~1.5; 3—衬度系数值为1.5~2.1; 4—衬度系数值大于3.7

图3 黑电气石山矿结的氯晕

3.寻找深部盲矿床 寻找深部盲矿床,用其他元素作指示元素往往效果不佳,但进行卤素测量却可获得很好的效果。例如,苏联在亚美尼亚一个产在火山岩中的热液型多金属矿床上已查明碘在盲矿体上方比成矿元

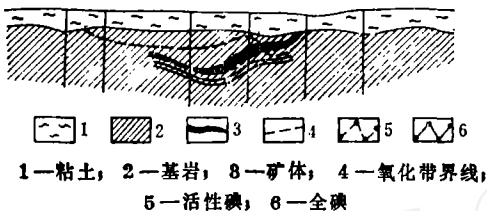
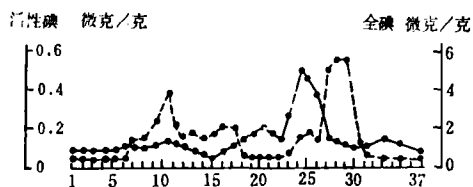


图4 矿体上方疏松层中全碘与活性碘浓度的分布

素形成了更宽阔的晕。在所研究的全部热液矿床上，在少量岩浆矿床上，碘晕的研究结果表明，它与围岩和矿石成分无关。全碘和活性碘晕在形态和范围上大体相似，但活

性碘异常与矿的关系更密切。例如在亚美尼亚含铜黄铁矿矿床（图4）和多金属矿床上（图5），在隐伏矿体上方碘形成了清楚的异常。

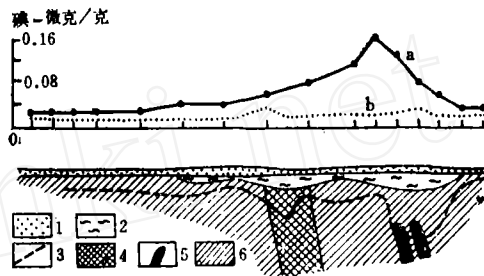


图5 矿体上方疏松层中活性碘浓度分布

a—取样深度为1.5米；b.取样深度为0.2米；1—砂层；2—粘土；3—氧化带界线；4—铁锰矿体；5—多金属矿体；6—基岩

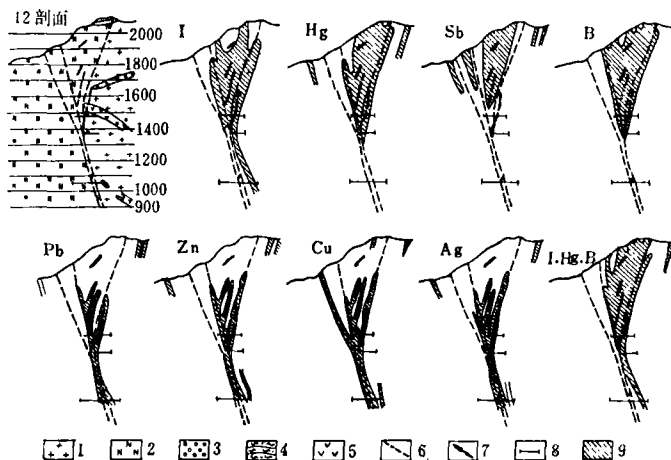


图6 萨当矿床盲矿周围的内生晕

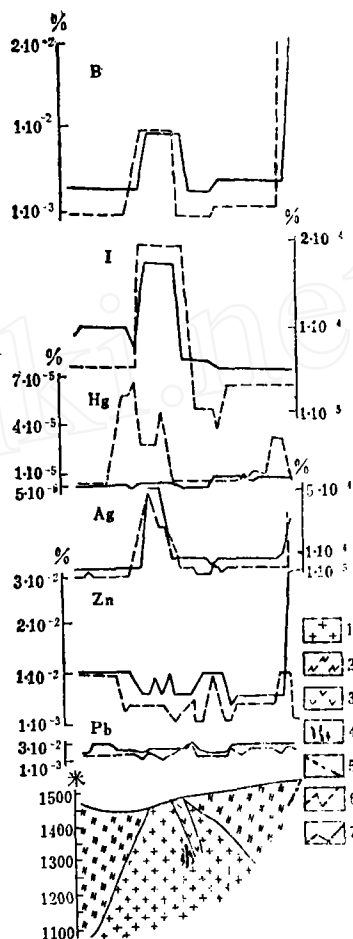
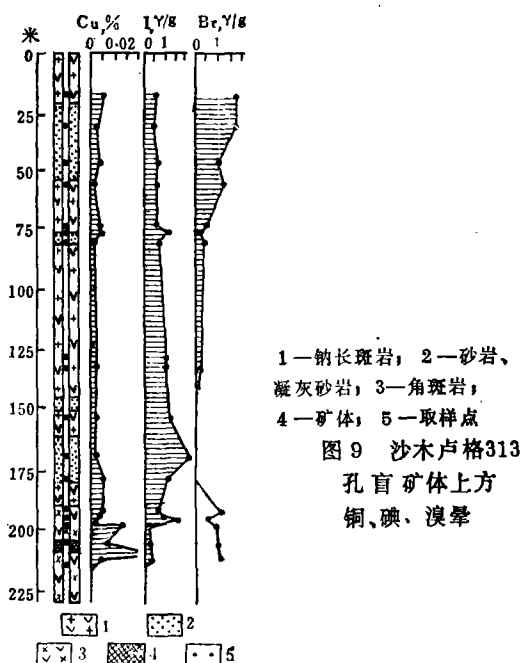
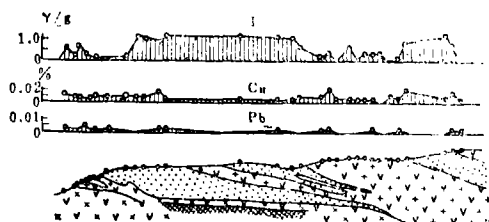
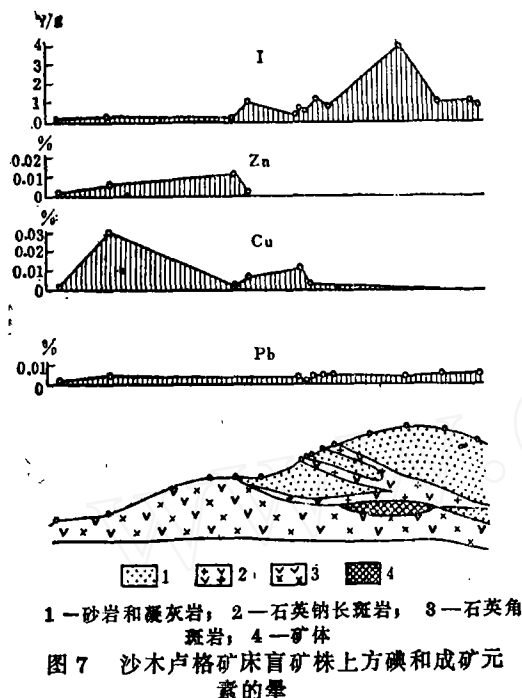
图7、8为含铜黄铁矿矿床，矿体埋深分别为100米，250米，Cu、Zn只在局部出现异常，I却出现了极为清楚的异常。

溴在沙木卢格矿床盲矿体上方（埋深80米）也形成了清楚的晕，同碘一起直达地表，而铜在矿体上方30多米处就降至为背景。

哈萨克斯坦一个稀有金属矿床，矿体为脉状，产在酸性火成碎屑喷出岩中，在距地表不到100米的盲矿脉带上方发现了很高的

氟异常（图11）。

4.发现隐伏的矿化岩体 未被剥蚀出露的、基本上是正常和碱性的含矿花岗岩侵入岩钟（赋存铌钽矿），其上部岩石往往为页岩，没有大量断裂存在，成为阻挡层。受到强烈蚀变时，常常变为石英—云母质云英岩，有时含有黄玉。这种细粒岩石与浅色角岩相似，靠目视无法鉴别。有时，含矿侵入岩钟距地表又较深。利用地球物理方法往往不能经常有效地发现这种岩钟。氟量测量是



个有效方法。例如，苏联东西伯利亚的某一含稀有元素矿床的隐伏岩钟，氟是良好的指示元素（图12）。

当侵入体上方的岩石强烈破碎或断裂构造发育时，含氟溶液沿着构造断裂在300~500米范围内可产生云英岩化。在这种情况下，在深500~800米范围内的矿体或矿化岩钟用氟量测量都可发现。

5. 指示矿化断裂 氟、碘异常可清楚地指示矿化断裂。例如，在苏联黑电气石山矿结中，氟的高浓度清楚地指示了北东走向的深大断裂带（图2）。在苏联高加索北沃舍梯，用土壤中碘异常圈定了含矿构造，并修正了原来推断的有关断裂构造位置。

6. 根据氟的含量定量估计锡储量和埋深 苏联B. И. 巴尔苏科夫等，对锡矿床进

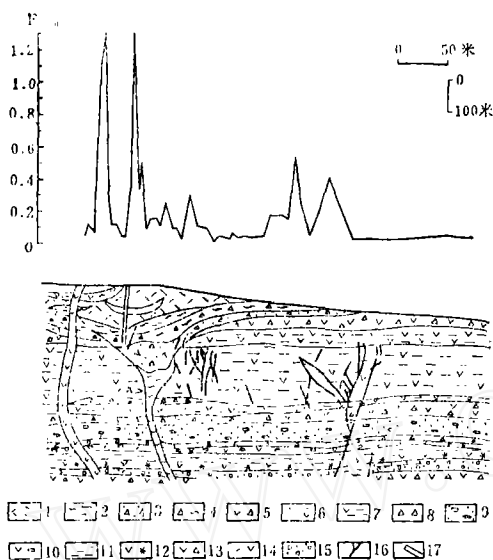


图11 脉状稀有金属矿床氟量测量剖面图

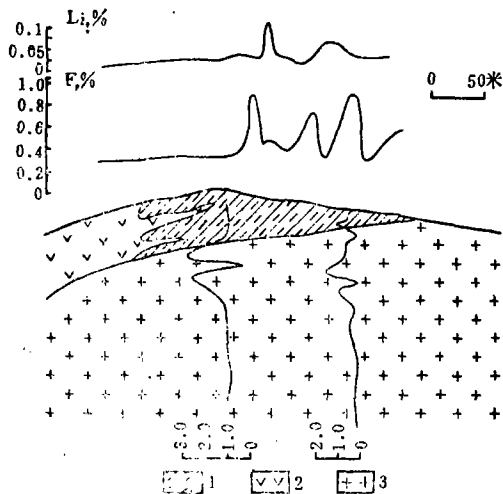


图12 含稀有金属矿床的隐伏岩钟氟量测量剖面图

行了地质、地球化学研究，查明了Sn主要来自富F、Na的碱性岩浆，并在成矿溶液里呈 $\text{Na}[\text{Sn}(\text{F}_{6-x}\text{OH}_x)]$ 型络合物进行迁移。还查明了Sn在沉积过程中，F在多相平衡中的分配规律，找出了晕中F量与矿体中Sn量

之间的定量关系及垂直分布规律性，从而利用F晕对Sn矿储量及埋深作出准确预测。

7. 卤素能够指示的矿床类型 归结起来，卤素可作为下列矿床的探途指示元素。

氟 可作为与辉长—橄榄岩建造侵入体有成因关系的矿床（如钒钛磁铁矿矿床、硫化物铜矿床、磷灰石矿床）；与基性—超基性和碱性侵入体有成因关系的矿床（如磁铁矿矿床、金云母矿床、磷灰石矿床，以及钠长石化带和碳酸盐化带中的稀有金属矿床）；与花岗岩和花岗岩类侵入体有成因关系的矿床（如接触交代磁铁矿矿床、夕卡岩—云英岩型磁铁矿矿床、云英岩型稀有金属矿床）；与侵入体有成因关系的热液矿床（如萤石矿床、铀—萤石矿床、萤石—铅—锌矿床、铍—汞—萤石矿床、萤石—硅铍石矿床、铀—磷灰石矿床、石英脉型金矿床、浸染型铜钼矿床、钨锡矿床）；沉积磷灰石矿床、沉积铅锌矿床；风化壳矿床，如蛭石矿床、磷灰石矿床；沉积变质铁矿床等矿床的探途指示元素。

碘 可作为含铜黄铁矿矿床、热液铜矿床、铅锌矿床、铜铅锌多金属矿床、夕卡岩型铁矿床、沉积型铅锌矿床、铁锰矿床、砷矿床、石英脉型金矿床、斑岩型铜矿床、火山岩型铜矿床等矿床的探途元素。

氯 可指示云英岩、热液型钨锡矿床、铜铅锌多金属矿床、石英脉型金矿床、斑岩型铜矿床、接触交代磁铁矿矿床等。

溴 可指示含铜黄铁矿矿床等。

花岗岩体及其中稀有金属和挥发分的分带性

在苏联一个矿结中，在原生花岗岩周围300公里²以上的范围内，岩石（砂页岩、花岗岩）和黑云母中挥发分具有清楚的垂直和水平分带性。从上到下挥发分的分带序列是： H_2O — CO_2 — Cl — H_2O 、 F — F —最深部挥发分贫化带（图13）。

岩体结构垂直分带 上部是形成最早的花岗岩闪长岩，中部为角闪石—黑云母花岗岩，最深部是终幕黑云母花岗岩。

锡、钨矿化在岩体内部占据的位置是非常有规律的。钨矿化是产在富 H_2O 、F带中或富Cl的上覆带中。锡矿化倾向于产在深部富F带的上部（图13）。在花岗岩熔体结

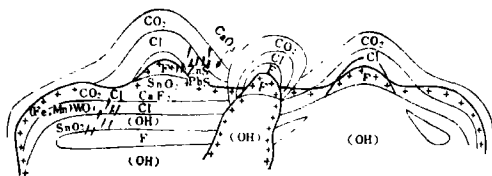


图13 花岗岩侵入体内部及顶板部分周围挥发分和矿脉带状分布总图解 (不包括H₂O)

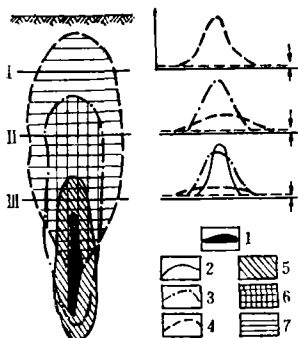
晶作用房中, 在垂直方向上挥发分依然具有同样的分布, 并加强了 (图13)。

从很久以前到岩浆熔融体结晶作用结束, 所观察到的金属分带性中的一个起因, 应归结于岩浆房顶板部分内挥发分的带状分布。

岩浆期后矿床地球化学异常模型 岩浆期后矿床内生晕的组分具有明显的垂直分带性。H.И. 萨弗朗诺夫根据元素的离子电势

主要成矿元素在岩浆期后矿床内生晕带中的假定分布

门捷列夫 周期表上的 族类	带		
	内	中	外
I	(Au), Li	Cu, Ag, Rb, (Cs)	(Rb), Cs
II	Be	Zn, Cd, Ba	Hg
III	La, Y	—	Tl
IV	Sn	Pb	—
V	—	As, Sb	—
VI	W, S	U, Wo, S	S
VII	F	Cl	Br, I
VIII	Ni, Co, Fe	Fe	Fe



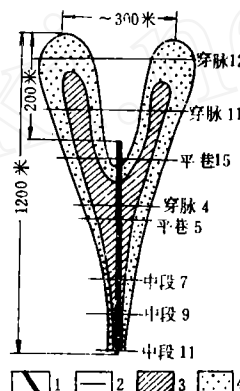
1—矿体; 2—三至五倍背景含量的内生晕内带组分界线; 3—三至五倍背景含量的内生晕中带组分界线; 4—三至五倍背景含量的内生晕外带组分界线; 5—内带组分的内生晕面积; 6—中带组分的内生晕面积; 7—外带组分的内生晕面积; I—II—III—侵蚀面

图14 岩浆期后矿床最简单的内生晕结构图 (据萨弗朗诺夫等)

值把最重要成矿元素在内生晕中的位置排列出一个顺序表 (见左栏附表)。

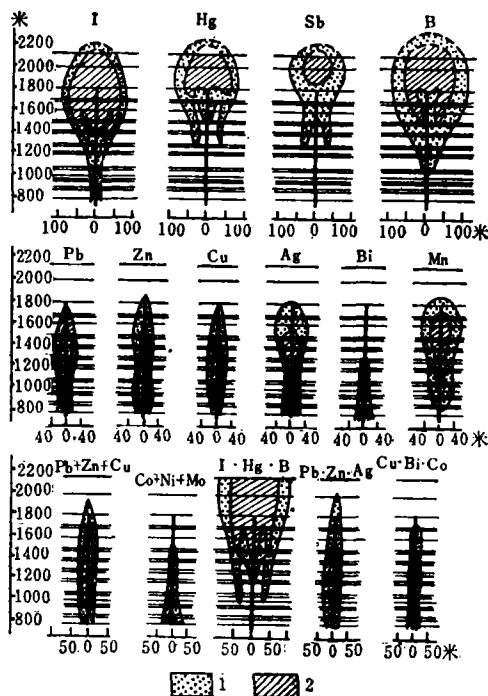
根据在已知矿床上的试验表明, 形成内生晕外带的元素还有B、F。也就是说F、Br、I都是形成内生晕外带的元素。

岩浆期后矿床最简单的内生晕的结构图解见图14。



1—矿带; 2—取样剖面, 氯含量 (%);
3—>0.008, 4—0.006~0.008

图15



元素含量: 1— $C_{\phi} \epsilon^3$; 2—大于 $C_{\phi} \epsilon^3$

图 16

图15所示, 为萨当矿床垂直横剖面上氯的内生晕理想模型。该矿床碘的内生晕理想模型见图16, 从中可以看出, 碘是属于延伸最远的元素。

初绍华 编译