

綜合地球化学探矿方法試驗效果

王志文 朱梅武 周德安
胡長礼 鄭自先 董庭寬

在地表放射性普查的基础上,如何綜合应用化学探矿和物理探矿方法,有效地找到被掩盖的矿体或盲矿体,并进一步指导普查和勘探,是一个重要的课题。我們¹⁾在一个已知矿床上进行了鈾量测量、植物测量、水化学找矿、河谷底沉积找矿、 γ 测量和部分的射气测量、磁力测量等綜合方法試驗。本文着重闡述各种方法的試驗及其效果,以及对各种异常的描述和解释。

一、自然地理及地質概况

1. 自然地理概况

本区的气候温暖潮湿。年平均温度为 17°C ,最高温度达 35°C 。年降雨量为1300—2000毫米,雨量集中于五、六、八月。

本区山势陡峻,拔海标高350—950米,水系发育,溪流甚多,地形被強烈切割,坡度甚大,一般为 30° — 45° 。基岩出露較少,大部地区为殘积-坡积-冲积层所复盖,其中以坡积物分布最广,殘积、冲积物局限在山脊、山頂和沟谷地带。土壤为灰褐色、杏黄色及紅褐色的灰化紅壤,厚度为1—3米,最厚不超过10米。植物茂密,植被属山区混合林,种属十分繁杂,并因地形高度及坡度不同而呈現較明显的羣落分布,山頂多为針叶树、山坡为針叶、闊叶树和竹子的混合林,山脚及沟谷中主要为灌木林和杂草。

本区水交替十分強烈,地下水属第四紀坡积-冲积层潛水和奥陶-志留紀基岩裂隙水,含水不丰富,多以下降泉形式排泄于沟谷溪流中。水质类型为重碳酸-硫酸盐及重碳酸-硫酸-氯化物水,pH值为5.8—8.0,矿化度小于0.2克/升。

2. 地質概况

矿区岩石为奥陶-志留紀浅变质石英砂岩、板岩及片岩,侵入岩为燕山期中粒二云母花崗岩,二者呈侵入接触。本矿床位于其外接触带附近,属中-低温热液充填类型。成矿受 $\text{NW}320^{\circ}$ — 330° 、 $\text{NE}60^{\circ}$ — 75° 、 $\text{NE}30^{\circ}$ — 35° 三条构造角砾岩带控制。矿体多集中在角砾岩带下盘次級裂隙中,其走向与角砾岩带一致,傾向相反,傾角大于 50° 。矿体呈透鏡状,个别呈似层状,由地表出露到埋深120米。矿化不均匀,鈾矿物呈浸染状、細脉状分布于岩石中。围岩蚀变以硅化、燧石化、黄鉄矿化、赤鉄矿化和成矿有关。矿床沿裂隙氧化深度30—50米,但无明显的氧化带。鈾的次生矿物有銅鈾云母、鈣鈾云母等。

二、方法試驗

地球化学探矿方法在运用过程中,受到很多因素的影响和限制,如:地形、地質、气候及地下水等自然地理因素,以及方法本身的取样、加工、化驗等因素。只有充分地研究这些因素的影响,才能选择好代表性样品,正确評价測量結果。因此,在系統取样前,先在代表性剖面及溪流上进行方法試驗。其試驗内容及結果分述如下。

1) 参加本次試驗工作的还有刘声富、刘金衡、沈光美、苏守田、肖盛章、周昌中、徐正宁、彭仁生等同志。

1. 取样重量试验

为了确定能满足化验分析要求的野外取样重量,对铀量测量、植物测量和底沉积方法,分别做了取样重量的试验。

将所取土样和底沉积样,晒干后称重,再经 0.2 毫米筛孔过筛后称重;植物样经过灰化前后称重。根据化验分析的要求,确定出合适的取样原始重量,结果列于表 1, 2, 3。

表 1 铀量测量原始取样重量表

土壤	颜色	结构	加工后 1 克所需原始重量, 克	特征
腐植黑土	灰色, 灰褐色	单粒状	7.2	松散无砾石, 植物根多, 富含腐植质
含砾亚粘土	黄褐, 红褐色	碎块状	10.5	土中含直径大于 2 毫米的砾石颗粒占总重量的 25% 以上, 其中小于 2 毫米的砂粒占 10%, 无粘性
亚粘土	杏黄色	团粒状	7.8	粘性较大, 无腐植质, 砾石块少

表 2 植物测量原始取样重量表

类别	部位	样品数, 个	加工为 10—15 克炭的采样重量, 克	加工为 2—3 克灰的采样重量, 克
针叶树	皮	42	67—100	120—188
	枝	43	100—150	148—223
	叶	39	80—116	73—110
阔叶树	皮	36	111—167	105—157
	枝	36	150—230	142—213
	叶	33	90—142	64—97

表 3 底沉积原始取样重量表

沉积物性质	样品数, 个	原始平均重量, 克		小于 0.2 毫米的重量, 克
		湿重	干重	
粘土、淤泥	12	75	51	40
砂土	14	61	44	34
细砂	6	86	59	43
粗砂	6	95	85	31

按上表可以确定, 供化学分析和光谱分析的铀量测量取样需 100—180 克, 底沉积取样需 80—100 克, 植物取样需 100—150 克。

2. 取样深度、种属及部位

(1) 铀量测量取样深度的确定 在试验剖面上每点按 5, 30, 60, 100 厘米四种深度取样。将 110 个点上所取的样品分析结果按相对最高含量列于表 4。

表 4 铀量测量不同取样深度铀含量变化对比表

土壤层位	第一层	第二层	第三层	第四层
深度, 厘米	5	30	60	100
铀含量相对最高百分数	26	36	22	16
各层有机质的平均含量, %	4.86	3.47	2.29	1.44
A-A' 剖面各层铀含量平均值, %	3.45×10^{-4}	5.3×10^{-4}	3.03×10^{-4}	3.07×10^{-4}

分析表明,由地表向深处鈾含量逐漸降低,一、二层含量一般高于三、四层,尤以第二层含量最富集(见图1);土壤中的鈾含量随着有机質的增多而增高,明显地反映了有机質的吸附作用。本区土壤(pH 值为 5.38)和地表水(pH 值6—7)呈酸性和弱酸性。酸性水对土壤产生淋滤作用,使鈾由表层淋滤下来并为第二层所承受。

(2) 植物取样种属、部位的确定 試驗鈾在不同种属和部位的分布,研究了松树、杉树、樟树和栗树等八个主要种属,以及皮、枝、叶三个部位的样品。

同一点上取样的植物,按針叶树和闊叶树灰分相对含量列于表5。

表5 植物測量不同种属枝叶鈾含量对比表

含量对比 (枝叶灰分)	針叶树 大于闊叶树	針叶树 等于闊叶树	針叶树 小于闊叶树	总 計
样品数,个	93	10	36	144
所占百分数	68	7	25	100

結果表明,不同植物种属的鈾含量不同,針叶树一般高于闊叶树。

表6 植物測量同植株不同部位鈾含量对比表

植 株 部 位	樹 皮	樹 枝	樹 叶	总 計
相对最高含量样数	98	57	32	187
所占样品百分数	52.5	30.5	17	100

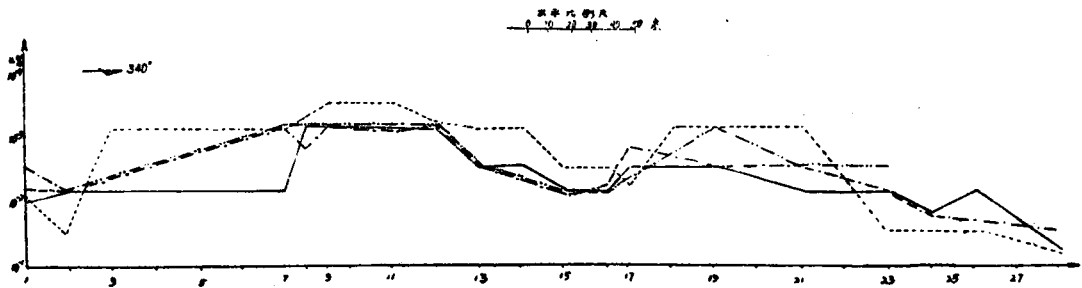


图1 II測綫鈾量測量深度試驗剖面图
——5厘米; ----30厘米; - · - 60厘米; ····100厘米。

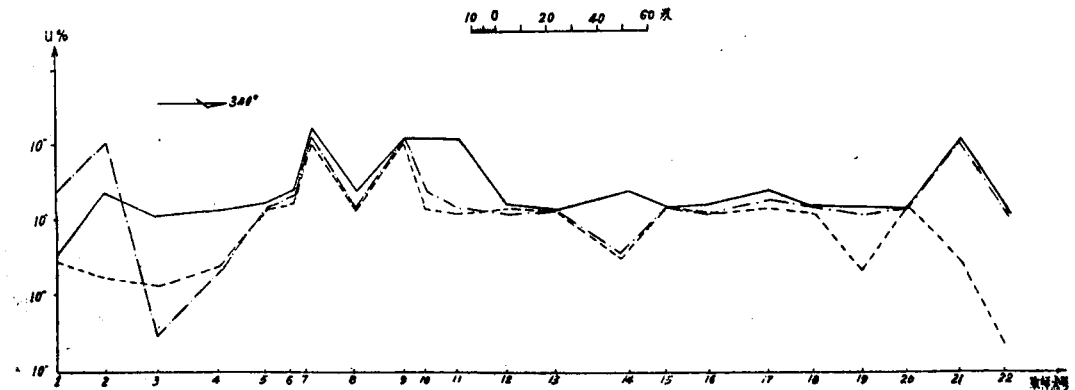


图2 I測綫杉树皮枝叶鈾含量对比曲綫图
——皮; ----枝; - · - 叶。

同一植株上取的皮、枝、叶样品,其相对铀含量对比如表6。

结果表明,同一植株不同部位上铀的聚集程度不同,以树皮灰分含量较高(最高含量达 $5.2 \times 10^{-3}\%$),树叶较低。但从剖面上皮、枝、叶的含量曲线均能反映出异常及矿带(见图2)。

另外,对铀在同种植物不同年龄(用直径大小代表)、不同高度及新枯枝叶中的分布进行了初步研究。分析结果表明:壮年植物直径大小与其中铀含量没有数量上的关系。铀在植株不同高度上分布不一致,一般以顶部含量较高。当年生植物嫩枝叶和前年枯枝叶中铀含量不一致,一般前者较高。

(3) 河谷底沉积取样部位的确定 在I号溪异常和非异常地段的32个取样点上进行了取样部位和样品均匀程度的试验。在每个取样点上采取同一性质不同部位混合及非混合样品,铀含量的平均结果列于表7。

表7 河谷底沉积不同取样部位铀含量对比表

绝对平均铀含量, $10^{-4}\%$ 取样说明	取样部位	溪流岸边取样		溪流水底取样	
		混合样品	非混合样品	混合样品	非混合样品
异常地段的15个采样点		3.9	3.51	7.85	7.37
非异常地段的19个采样点		1.09	1.26	1.04	1.13

结果表明,性质相同的混合样品与非混合样品的绝对平均铀含量相差很小,但混合样品沿水系铀含量变化较稳定,而岸边底沉积物的含铀量比水下底沉积物低。

3. 样品的性质、粒度和植物炭化与灰化结果的对比

(1) 铀量测量及河谷底沉积样品铀富集粒度 在试验剖面上按深度30厘米取金属量样品,在II号溪测点上按相同部位取性质相同底沉积样品,将每个样品按 $<0.2, <0.25, <0.4,$

表8 铀量测量及河谷底沉积物不同粒度铀含量对比表

相对最高值的百分比 类别	粒度, 毫米	0.2	0.25	0.4	0.6
		铀量测量	26.8	25.9	23.0
底沉积		33.2	28.2	22.1	16.3

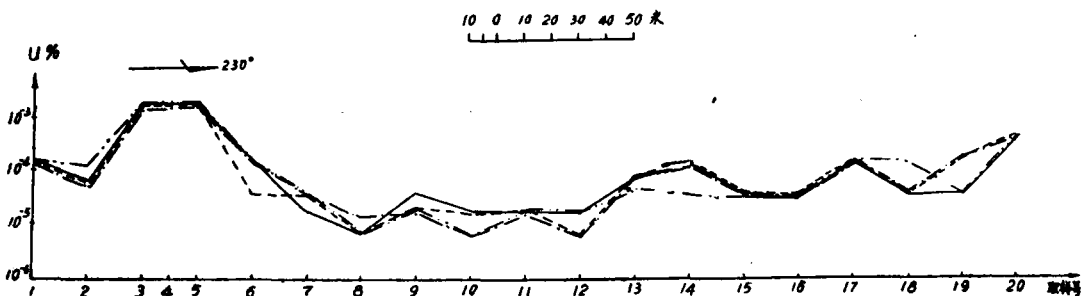


图3 III测线铀量测量粒度试验剖面图

—0.2毫米; ----0.25毫米; -·-·-0.4毫米; - - - -0.6毫米。

<0.6 毫米四种粒度过筛进行分析,两种方法共試驗了 146 点,分析了 800 个样品,其結果列于表 8。

根据統計結果,总的趋势是粒度小者其鈾含量較高(見图 3,图 4),但其絕對值只相差一倍左右,而处于荧光分析允許誤差范围之内。

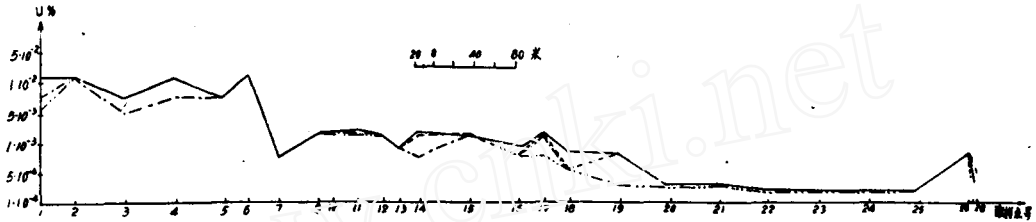


图 4 底沉积不同粒度鈾含量变化曲线图

——小于 0.2 毫米; ---- 小于 0.25 毫米; - · - 小于 0.4 毫米; ···· 小于 0.6 毫米。

(2) 河谷底沉积不同性质样品含鈾量的研究 在河流异常和非异常地段的 15 个测点上,分别取淤泥粘土、細砂和粗砂三种不同性质的底沉积物,以此来对比河谷底沉积物性质和鈾含量的关系,其結果列于表 9。

結果表明:不同性质的底沉积物的鈾含量相差較大,以淤泥、粘土較高,一般为細砂的 15 倍,为粗砂的 4 倍(見图 5)。

表 9 河谷底沉积物不同性质鈾、有机质含量对比表

沉积物性质	鈾含量绝对平均值, %	有机质含量平均值, %
淤泥、粘土	5.3×10^{-4}	1.84
細砂	3.3×10^{-4}	0.92
粗砂	1.3×10^{-4}	0.89

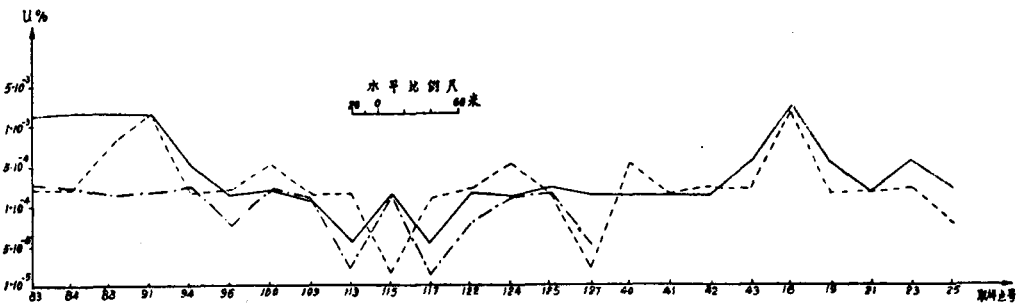


图 5 不同性质底沉积物鈾含量变化曲线图

——淤泥、粘土; ---- 細砂; - · - 粗砂。

(3) 植物样品的灰化和炭化 植物样品灼烧成炭分或者灰分,对分析結果影响很大,在

表 10 植物测量灰化、炭化試驗結果对比表

类别	鈾含量对比	灰分大于炭分	灰分等于炭分	灰分小于炭分	灰分与炭分二者相差倍数			
					0—5	5—10	10—15	15—50
样品数		202	6	14	77	36	60	49
百分数		91	3	6	34.7	16.2	27.0	22.1

相同条件下,对样品分别进行炭化和灰化,共試驗了 222 个样品,其分析結果按相对含量列于表 10。

有 90% 以上的样品灰分鈾含量高于炭分,同时二者含量相差的百分数变化幅度也很大。植物样品灼烧加工,灰化过程比較简单,操作容易,同时灰化样品化学处理也較易。

通过上述試驗,获得如下的土壤、植物及河谷底沉积代表性样品的条件:

土壤鈾量 采取 30 厘米深度的土壤 100—180 克,用 0.2 毫米篩孔过篩。

植物 在針叶树-杉树植株的固定高度采取一年生枝叶 100—150 克(取祥最好选择在直径为 5—25 厘米的植株上采取),原始样品用鉄皮杯灰化。

河谷底沉积 在河谷水下采取淤泥、粘土混合样品 80—100 克,晒干后用 0.2 毫米篩孔过篩。

4. 取祥季节及期限的确定

鈾在表生作用下的地球化学性状受到很多因素的影响。在潮湿多雨的气候条件下,研究时间及季节对土壤、天然水及植物中鈾聚集的影响对找矿效果及結果对比有重要意义。我們由 5 月至 8 月分别对鈾量測量、植物測量、水化学及河谷底沉积找矿进行了取祥观测,每月沿 A-A' 剖面、II 号溪在相同测点相同部位上取祥。对土壤、植物及底沉积所进行的四次取祥結果,沒有发现鈾含量有何种規律性的变化(見表 11, 12)。这可能是因为观测期限短,自然条件

表 11 鈾量測量不同季节不同深度鈾含量变化对比表

平均 含量, %	深度, 厘米	月份			
		5	30	60	100
5		3.37×10^{-4}	4.26×10^{-4}	3.33×10^{-4}	4.16×10^{-4}
6		3.35×10^{-4}	3.55×10^{-4}	2.60×10^{-4}	3.26×10^{-4}
7		3.90×10^{-4}	2.79×10^{-4}	3.22×10^{-4}	3.45×10^{-4}
8		3.82×10^{-4}	2.80×10^{-4}	4.39×10^{-4}	3.15×10^{-4}

表 12 河谷底沉积物不同季节不同粒度鈾含量变化对比表

绝对平均 值, 10^{-8} %	月份	粒度, 毫米			
		5	6	7	8
<0.2		3.14	3.28	3.2	3.17
<0.25		2.82	3.19		3.14
<0.4		2.63	3.16		3.10
<0.6		2.45	3.12		3.92

改变不甚剧烈,鈾在土壤、植物和底沉积物中含量变化不大,而使結果处于荧光分析誤差范围之内。但在角砾岩带附近的矿化地段上每次分析均能反映出异常。

因此认为,在本区用上述方法进行找矿时,在这个期間内可以不考虑時間因素的影响。

用放射性水化学方法进行了三次取祥观测,其結果如图 6 所示。第一、三次結果各异常点相对含量一般相差 6—7 倍,第二次取祥分析界于上二者之間。但在矿化地段每次都反映了异常。由于第一、三次取祥前降雨量較大(參看表 13),周围废石堆影响使 II 号溪流水受到污染,因此认为第二次取祥結果更具有代表性。在本区进行水化学找矿时应在少雨季节进行,

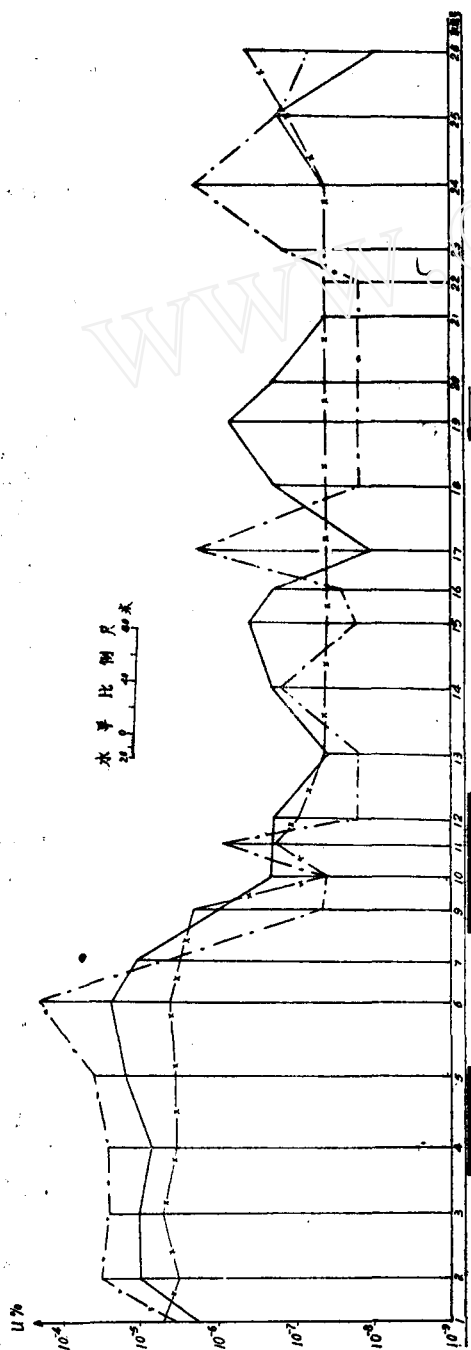


图 6 II号溪不同时间水中铀含量变化曲线图
 —— 铀矿化地段；—X—X— 1961年6月7日取样；--- 1961年7月10日取样；-·-·- 1961年8月16日取样；←—水流方向。

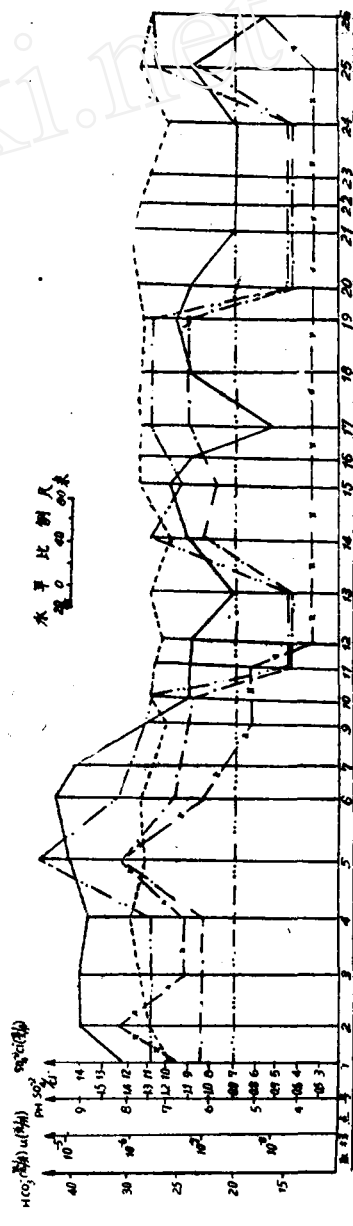


图 7 II号溪水中铀含量与pH值, SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- 的含量及 SO_4^{2-}/Cl^- 系数的关系曲线图
 —— 矿化地段；—— 水中铀含量曲线；--- 水中pH值；-·-·- 水中 SO_4^{2-} 含量曲线；-·-·- 水中 SO_4^{2-}/Cl^- 系数曲线；-·-·- 水中 Cl^- 含量曲线；-X-X- 水中 HCO_3^- 含量曲线；←—水流方向。

并要在一个较短时间内将样品集中取完,以便进行对比。

表 13 长期观测三次取样时间安排表

取样日期	取样次第	天气情况	取样前 20 天内降雨量,毫米
1961 年 6 月 7 日	第一次	小雨	208.1
1961 年 7 月 10 日	第二次	晴	84.3
1961 年 8 月 16 日	第三次	阴	283.7

5. 水化学找矿间接标志的确定

铀在水中以铀酰形式进行搬运对水化学找矿具有重要意义。热液类型铀矿床中常含有各种硫化物(以黄铁矿为主),在氧化作用下铀以铀酰的硫酸盐(UO_2SO_4)形式存在于水中;在介质呈中性、弱硷性或大量的腐植酸存在的情况下,形成腐植酸铀酰可溶络合物($Na_4[UO_2(C_7H_7COO)_m]_n$);而当有 HCO_3^- 离子存在时,生成铀的碳酸络合物,增加铀的溶解度,使铀在水中稳定存在。

如上所述,铀在水中的溶解和搬运与介质的特点密切相关。因此,对每个样品除测定铀含量外,还分析了 pH 值及可溶性盐类的阴离子: SO_4^{2-} , HCO_3^- 及 Cl^- , 从中确定水化学找矿的间接标志。分析结果作出各值的含量曲线(见图 7)。

水的 pH 值在 7.6—8.0 之间,最小值为 6.5。矿体附近水的 pH 值并没有显著降低。 Cl^- 离子含量在含矿或非含矿地段也没有明显的改变(为 6.85 毫克/升)。因此 pH 值和 Cl^- 不能作为在本矿区水化学找矿的间接标志。

水中 SO_4^{2-} 和 HCO_3^- 的含量一般分别为 4.7—8.35 毫克/升和 12—14 毫克/升, SO_4^{2-}/Cl^- 系数在 0.6—0.8 之间。上述离子在含矿地段含量均稍有偏高,其含量变化与水中铀大致相似,因此它们有可能作为放射性水化学找矿的间接标志。

6. 测网密度分析

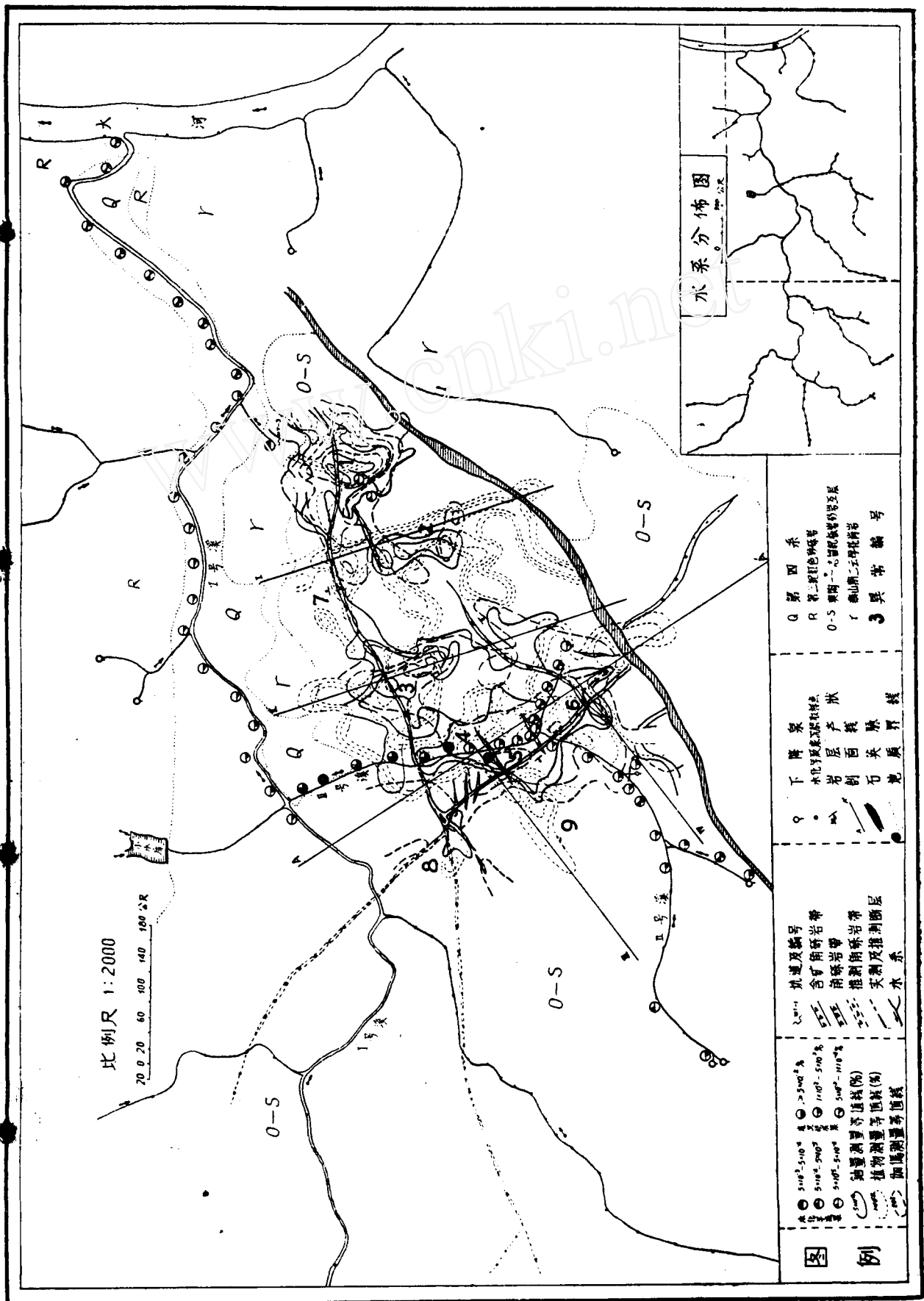
(1) 水化学、河谷底沉积取样间距 对水溪由溪口向上游按 50 米间距取样,在矿化地段下方的溪流(或沟谷)加密到 25 米,并对所有泉水都取样分析。根据化验结果确定的异常表明,该区铀的水量长度及铀沿水系底沉积物分散距离各为 500—600、500—1000 米(见图 8),取样点距不应超过水量及分散流长度的二分之一才不致于漏掉异常。从图 8 可以看出,每隔 1—7 个点取样都能发现异常。因而认为在本区进行放射性水化学及河谷底沉积找矿时对中小河流取样点距各为: 200—250 米(每平方公里采 2—2.7 个点), 200—400 米;在详查时,取样间距加密为 100—150 米及 50—100 米较合适。

(2) 铀量、植物测量取样测网密度 系统取样按 20×20 米的网格采取,矿化地段附近测线上取样点距加密到 10 米,将分析结果作出铀含量等值线图。

在整理资料过程中,抛去部分测线和测点样品含量,分别按 40×40 米; 40×20 米的网度重新作铀含量等值图。将二图对比,量的形状、分布范围及大小基本一致,根据网度放稀的等值图,仍能清楚地表示出矿带的方向、矿化范围,只是等值线间距变大,量之轴心不显。取样网度采取小于铀扩散量长度的二分之一便不会漏掉异常。在找矿实践中,首先以较稀的测网圈出异常地段,然后再在异常地段按 20×20 米或更密的网度圈定矿体,并确定其量的中心。

三、物探工作

在矿化面积内,进行了 1:2000 的 γ 网度测量、五条试验剖面的 γ 和 $(\gamma + \beta)$ 测量、射气



比例尺 1:2000

20 0 20 60 100 140 180 公尺

水系分佈图

Q 第四系
 R 第三段红色砂页岩
 O-S 第四—二叠统砂页岩
 T 泰山期二叠统砂页岩
 3 異常編號

泉 狀
 降 产 綫
 下 层 面 尖 角
 水 化 岩 制 石 地

坑道及編號
 含矿角砾岩带
 含矿砂岩带
 推測南岭岩带
 推測及推測断层
 水 系

① $3 \times 10^3 - 5 \times 10^3$
 ② $5 \times 10^3 - 10^4$
 ③ $10^4 - 5 \times 10^4$
 ④ $5 \times 10^4 - 10^5$
 ⑤ $10^5 - 5 \times 10^5$
 ⑥ $5 \times 10^5 - 10^6$
 ⑦ $10^6 - 5 \times 10^6$
 ⑧ $5 \times 10^6 - 10^7$
 ⑨ $10^7 - 5 \times 10^7$
 ⑩ $5 \times 10^7 - 10^8$
 ⑪ $10^8 - 5 \times 10^8$
 ⑫ $5 \times 10^8 - 10^9$
 ⑬ $10^9 - 5 \times 10^9$
 ⑭ $5 \times 10^9 - 10^{10}$
 ⑮ $10^{10} - 5 \times 10^{10}$
 ⑯ $5 \times 10^{10} - 10^{11}$
 ⑰ $10^{11} - 5 \times 10^{11}$
 ⑱ $5 \times 10^{11} - 10^{12}$
 ⑲ $10^{12} - 5 \times 10^{12}$
 ⑳ $5 \times 10^{12} - 10^{13}$
 ㉑ $10^{13} - 5 \times 10^{13}$
 ㉒ $5 \times 10^{13} - 10^{14}$
 ㉓ $10^{14} - 5 \times 10^{14}$
 ㉔ $5 \times 10^{14} - 10^{15}$
 ㉕ $10^{15} - 5 \times 10^{15}$
 ㉖ $5 \times 10^{15} - 10^{16}$
 ㉗ $10^{16} - 5 \times 10^{16}$
 ㉘ $5 \times 10^{16} - 10^{17}$
 ㉙ $10^{17} - 5 \times 10^{17}$
 ㉚ $5 \times 10^{17} - 10^{18}$
 ㉛ $10^{18} - 5 \times 10^{18}$
 ㉜ $5 \times 10^{18} - 10^{19}$
 ㉝ $10^{19} - 5 \times 10^{19}$
 ㉞ $5 \times 10^{19} - 10^{20}$
 ㉟ $10^{20} - 5 \times 10^{20}$
 ㊱ $5 \times 10^{20} - 10^{21}$
 ㊲ $10^{21} - 5 \times 10^{21}$
 ㊳ $5 \times 10^{21} - 10^{22}$
 ㊴ $10^{22} - 5 \times 10^{22}$
 ㊵ $5 \times 10^{22} - 10^{23}$
 ㊶ $10^{23} - 5 \times 10^{23}$
 ㊷ $5 \times 10^{23} - 10^{24}$
 ㊸ $10^{24} - 5 \times 10^{24}$
 ㊹ $5 \times 10^{24} - 10^{25}$
 ㊺ $10^{25} - 5 \times 10^{25}$
 ㊻ $5 \times 10^{25} - 10^{26}$
 ㊼ $10^{26} - 5 \times 10^{26}$
 ㊽ $5 \times 10^{26} - 10^{27}$
 ㊾ $10^{27} - 5 \times 10^{27}$
 ㊿ $5 \times 10^{27} - 10^{28}$
 ㊿ $10^{28} - 5 \times 10^{28}$

图 例

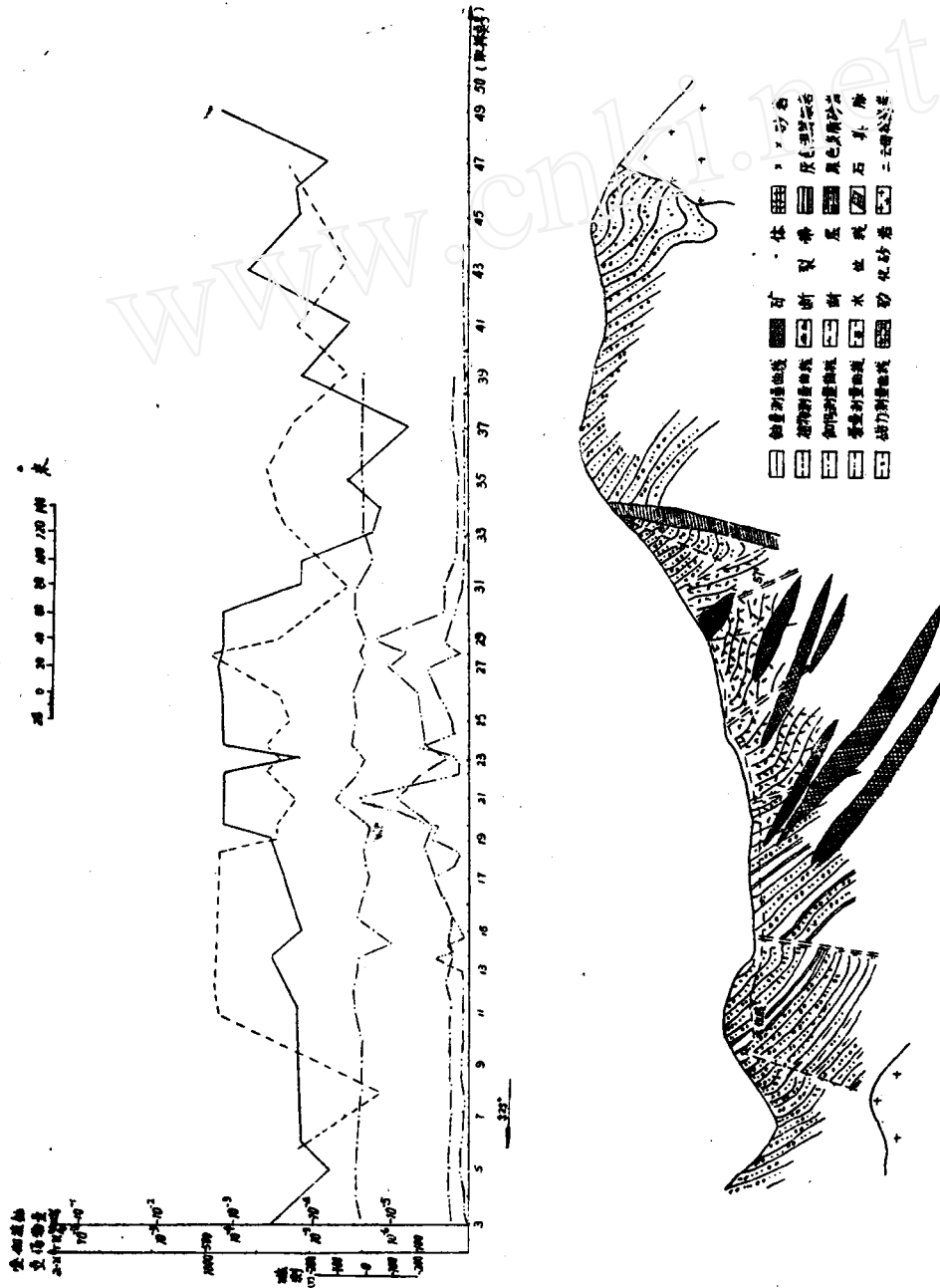


图 9 A-A 测线化学探矿和物理探矿地质剖面图

測量和磁力測量,其目的是与鈾量測量、植物測量相对比,并驗證其地质效果。地区因浮土掩盖其 γ 强度不高,异常值一般在100—200伽瑪之間(正常場为10伽瑪),个别点达1000伽瑪。异常范围不广,其分布与控制矿化的三条构造角砾岩带基本一致($NE60^{\circ}-75^{\circ}$, $NW320^{\circ}-330^{\circ}$, $NE30^{\circ}-35^{\circ}$) (见图8)。

射气測量异常值最高达1000爱曼(正常場在20爱曼以下),氡气量的变化与 γ 强度变化相一致(见图9)。虽然本区地形陡峻,但暈的位移很小,这与氡气的保存条件有关,浮土大都是殘积、坡积土,其中砾石較多,結構比較松散,因此气暈不易保存。

利用悬絲式磁秤在五条剖面上測量的結果,能够說明一些問題。本区磁性矿物很少,是一个弱磁地区,最高相对异常值达+250伽瑪,最低值为-150伽瑪。虽然仪器受温度影响很大,但在构造角砾岩带附近矿化較好的地段,仍反映出高值,而且与 γ 和射气异常大致吻合,其原因可能与黃鉄矿化有关。由測量結果得知,在該区利用磁法来追索构造角砾岩带是可能的(见图9)。

在A-A'剖面上利用7204型两用輻射仪进行 γ 和 $(\gamma + \beta)$ 測量,以了解放射平衡破坏情况,从測量結果(图10)看出其值相差极小。矿区取样分析資料也說明本区地表放射平衡破坏偏向鐳,因此在本区找矿不必采用其他測量。

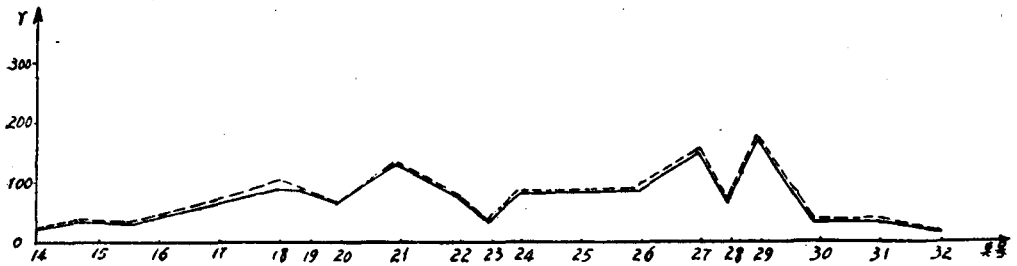


图10 A-A'剖面 γ 和 $\gamma + \beta$ 剖面图
—— γ 曲线; - - - $\gamma + \beta$ 曲线。

四、質量检查

質量检查是评价工作成果好坏、正确解释异常、衡量資料是否可靠的标准。在工作过程

表14 質量检查統計表

类别	检查项目	检查样品数量	占总数的百分比	平均相对誤差 %	均方誤差	超过允許誤差 50% 的百分比	允許誤差
鈾量測量	重复取样	32	5.6	16.2		12.5	30—50%
	重复分析	181	13.2				
植物測量	重复取样	101	9.8	33.2		24.4	30—50%
	重复分析	218	20.0				
河谷底沉积	重复取样	84	32.9	26.3		18.3	30—50%
	重复分析	126	50.5				
水化学	重复取样分析	98	20.7	37.4			30—50%
伽瑪測量	重复測量	82	13.6		$\pm 4.87r$		$\pm 5r$
氡气測量	重复測量	25	12.7	20.0			<20%
磁法	重复測量	13	10.0		$\pm 22.8r$		$\pm 20r$

中,我們制定了各种方法的操作規程,規定了各种指标来保証質量。对全部异常样品均进行了重复分析或重复取样,各种方法样品检查分析工作量分別由 10—20%。检查結果所求出的平均相对誤差在荧光分析允許相对誤差范围(30—50%)之内,这說明即使在野外条件下,分析質量基本合格(检查結果見表 14)。

五、異常及其解釋

由全区样品分析結果,用图解法确定出鈾的自然底数和最低異常值:土壤和底沉积物底数为 $1 \times 10^{-4}\%$,最低異常值为 $5 \times 10^{-4}\%$;植物底数为 $1 \times 10^{-6}\%$,最低異常值为 $1 \times 10^{-5}\%$;天然水底数为 5×10^{-8} 克/升,最低異常值为 5×10^{-7} 克/升。

从鈾量、植物、放射性物探測量的結果得出有二条暈带,暈的分布受成矿角砾岩带的控制,与其方向一致,为 NW 和 NE 向,分布面积为矿体的 3—5 倍;以植物鈾暈最大,土壤鈾暈次之, γ 異常面积最小。由于矿体产状、埋藏深度及地形条件不同,导致暈的強度、形状和位移也不同(見图 8)。

按暈的強度、吻合程度和与矿体的关系,將暈分为三类:

第一类:暈的強度高,一般土壤鈾含量为 $5 \times 10^{-3}\%$;植物鈾含量为 $1—5 \times 10^{-4}\%$; γ 強度在 100 伽瑪以上。三者分布地段一致,中心基本吻合。經勘探証实,地下有矿体存在。如 1, 3, 5 号異常:

(1) **1 号異常** 位于一个坑道附近坡角为 $30^{\circ}—50^{\circ}$ 的山坡上,該处矿体埋藏在 10—35 米的深处。金属、植物、 γ 異常均很明显,暈的中心部分的鈾含量为:土壤为 $5 \times 10^{-3}\%$;植物为 $5 \times 10^{-4}\%$; γ 強度达 400 伽瑪。因受地形影响,暈成橢圓状,长軸为 NE 方向,与沟谷一致。暈沿山坡向下移动,其中金属暈和 γ 異常中心部分基本吻合,离开矿体向下移动了 30 米左右;植物暈中心移动达 60—70 米,比金属暈、 γ 異常远一倍多(見图 8)。

(2) **3 号異常** 位于 II 号剖面北部的山沟中,暈的強度:土壤中鈾含量为底数的 10—50 倍;植物中鈾含量为底数的 50 倍以上; γ 強度皆大于 100 伽瑪。暈分布地段經磁法和射气測量,皆有高峯出現,其中射气浓度最高达 1300 爱曼。經勘探証实,矿体离地表 4—15 米,走向为 NE 60° ,被 NW 330° 的沟谷所切割。由于切割部分矿体近于地表,沟谷兩側含矿物质沿山坡向沟谷聚集,导致暈成条带状,与沟谷方向一致,并与矿体垂直。土壤中鈾暈和 γ 異常的中心吻合,植物鈾暈中心不显,形状不規則(見图 8)。

(3) **5 号異常** 位于 III 剖面东端地形起伏不大的山脊上。該处矿体埋藏深度为 2—25 米,所形成的土壤鈾暈和 γ 異常的軸向与矿体一致,形状相似,特别是 γ 異常強度很高。在矿化地段鈾量、植物、 γ 、爱曼等測量所反应的異常互相吻合(見图 8)。

第二类:暈的強度稍低,吻合程度較差,土壤中鈾含量最高者为底数的 10 倍,植物中鈾量較高,为底数的 10—100 倍,一般无 γ 異常。經勘探証实,地下有矿,但埋藏深度在 15 米以下。如 2, 4, 6 号異常:

(1) **4 号異常** 位于 A-A' 剖面中部的山坡下方,矿体埋藏在 15—45 米的深处,土壤中的鈾含量很低,为底数的 5—10 倍,但植物測量結果較明显,含量为底数的 100—500 倍。射气測量的反映也很好,浓度在 50 爱曼左右。植物鈾暈与射气異常之中心沿沟谷方向向下移动了 15—20 米,暈的軸向与沟谷一致,并垂直于矿体,附近无 γ 異常(見图 8)。

(2) **2 号異常** 位于 I 剖面北部山沟旁,只有植物和金属暈,而 γ 反应很低。經勘探証实,矿体埋藏深度在 30 米以下。土壤中鈾含量較低,最高者仅为底数的 10 倍,植物暈反应明显,一般为底数的 100—500 倍(見图 8)。

第三类:如7,8,9号异常。除8号异常有金属量外(鈾含量为底数的5倍),皆为孤立的植物量。未經勘探证实,它們多分布于距矿体較远的地区。

底沉积和水化学找矿方法試驗是配合在一起进行的,二者結果基本一致,皆有明显的异常带。异常有两段:

(1) **II号溪异常带** 水化学异常由一个坑道口南34号泉至II号溪入I号溪的入口处,长420米,鈾含量为 5×10^{-6} — 5×10^{-4} 克/升,是底数的100—1000倍。当注入I号溪后,由于I号溪水流冲淡,使鈾含量降低到最低异常值之下。

底沉积异常带的长度达1000米,鈾含量一般在 1×10^{-3} — $1 \times 10^{-2}\%$ 。当II号溪流入I号溪后,由于非异常地段水流和底沉积物的混合結果,导致鈾含量降低,但仍在最低异常值之上。

II号溪异常带,在空間分布上与鈾量測量、植物測量所圈定的异常是相联系的。

(2) **I号溪异常带** 水化学和底沉积的异常均由另一个坑道附近至大河,二者完全吻合,长约500米,底沉积物鈾含量一般为 $1.5 \times 10^{-3}\%$;水中鈾含量为 5×10^{-7} — 5×10^{-6} 克/升,当I号溪流入大河后,鈾含量降低到最低异常值之下。

綜合試驗結果表明:由于方法本身具有不同特点、量的成因不同和它們受外界因素影响不同而导致各种量具有各自的特点。

地形是影响量形状和位移的主要因素,植物量在地形切割剧烈地段、量的中心部分与地形一致,沿山坡向下移动。矿体距离地表在0—15米以內者,其上部均有明显的金属、植物和射气量存在,浮土不厚时还有 γ 异常存在(见图2)。植物量的形成与地下水的活动有直接的关系,它的分布面积最大,位移最远,在相同的条件下,其位移比金属量远一倍多。各种量所反映的深度不一致,当矿体埋藏深度大于15米时,鈾量測量反应已不很明显,而植物測量仍能获得良好效果。如A-A'剖面为15—20点(见图2)。但当矿体埋藏深度大于50米时,鈾量測量、植物測量均无反映。土壤中鈾含量一般比植物中鈾含量高10—100倍。

試驗結果表明:底沉积法优于水化学法,因前者受外界因素影响小。在相同条件下,底沉积物中鈾含量比水中鈾含量高,异常带比水化学异常带长一倍左右。

六、結 語

根据試驗結果得出以下結論:

1. **鈾的富集部位** 土壤中鈾富集于30厘米的深处。植物中的鈾:針叶树含量一般高于闊叶树;在同株植物中,皮的含量高于枝、叶的含量,但相差不大。底沉积:水底沉积物中鈾含量高于岸边相同性质的沉积物。

2. **量的位移** 地形坡度大小是影响量位移的主要因素。位移距离以植物量最远,金属量次之, γ 异常最小。其距离与坡角大小有关,地形平緩处,量的中心一般位于矿体上方。

3. **有效深度和距离** 以植物測量反映最深,能达15—25米;鈾量測量次之,达10—15米。底沉积分散距离超过900米;水化学分散距离超过600米。

4. **量的形状** 金属量和植物量的形状是不規則的,在地形平緩处,形状主要受矿体产状控制,在沟谷处主要受地形的控制。

河谷底沉积、水化学找矿方法能够有效地确定成矿远景地段;鈾量測量和植物測量能够比較准确地圈定矿化地段,并指导山地工程的布置。

(編輯部收稿日期1962年4月26日)