γ谱法测定岩石中的钾含量

夏 明 马志邦 张承蕙

（中国科学院地质研究所，北京）

γ谱法测定岩石中钾含量，应该说是比较成熟的一种方法．早在1956年外国学者[1,2]就研究过γ谱法同时测定不破坏样品中铀、钍、钾含量．在国内应用γ谱法测定过岩石样品中铀、镭和钍[3,4,5]，测钾含量甚少，一个主要原因是缺乏相应含钾粉末标准源．

本文配制了一套不同钾含量的粉末源，确定了γ谱法中 ^{40}K 的系数，测定了各类岩石中的钾含量，并取得与化学方法近于一致的结果．

一、方法和实验

^{40}K 在钾的总量中占0.0118%，半衰期为 1.28×10^{9} 年，主要是β衰变．γ射线的能量为1.46 MeV，可以通过这个特征能量光电峰的总计数，按下式求出样品中钾的含量：

$$g_k/P = a_{k1}U + a_{k2}Th + a_{k3}K, \qquad (1)$$

式中 g_k 为 ^{40}K 光电峰的总计数率；P——样品的重量；a_{k1}、a_{k2} 和 a_{k3} 分别为单位含量的铀、钍和钾在1.46 MeV峰面积下总计数中的贡献．如果样品中铀和钍含量极低，那么公式(1)就可简化为

$$g_k/P = a_{k3}K. \qquad (2)$$

也就是说，为了测定钾含量，首先要确定公式(2)中的系数 a_{k3}，而 a_{k3} 则要通过与已知标准源的比较才能确定．

表1 含钾粉末源配制含量和参数

编 号	材 料	配制钾含量 %	平均有效原子序数*	平均比重	化学方法测钾含量 %
K-1	$KCl + SiO_2$	1.0006	11.51	2.25	1.22
K-2	$K_2SO_4 + SiO_2$	1.0001	11.44	2.27	1.00
K-3	$K_2Cr_2O_7 + SiO_2$	1.0005	11.70	2.28	1.24
K-4	$KCl + SiO_2$	3.0011	11.86	2.24	3.05
K-5	$K_2SO_4 + SiO_2$	5.0014	11.89	2.31	4.88
K-6	$KCl + SiO_2$	7.0005	12.52	2.22	7.05
K-7	$KCl + SiO_2$	11.0008	13.14	2.20	11.41
K-8	$K_2SO_4 + SiO_2$	11.0006	12.51	2.36	10.70
K-10	$KCl + SiO_2$	15.0002	13.72	2.18	14.94

* 平均有效原子序数的计算公式为 $\left(\sum_{(z)} P_z Z^{2.3}\right)^{1/2.3}$．

含钾粉末源是用优级钾盐试剂和二氧化硅做基质配制成的（表1）．重量500克，长时间

本文1984年4月19日收到．

的研磨使钾盐在样品中达到均匀的分布.

γ 谱仪是由国产 FH-451 型 1024 道分析器和法制 Scintibloc 76SEF76 闪烁低本底组合探头组成. NaJ (Tl) 晶体为 3″ × 3″, ^{137}Cs 能量分辨率为 7%. 探头置于大空腔、10 厘米厚的铅室内. ^{40}K 的 1.46 MeV 光电峰选取 50 道,相当 135 KeV 能量范围. 在这个区间的空白本底没有显示出 ^{40}K 的光电峰,本底约 210 计数/小时,或 3.5 计数/分(不带有机玻璃测量盒).

二、结　果

用 γ 谱仪测试的不同重量、不同含钾量的粉末源的数据、基质 SiO_2 粉砂的底数加本底的和及 a_{k3} 的平均值列在表 2. 不同含钾量与 γ 计数率的关系以及与化学方法测试结果的对比表示于图 1 和 2.

表 2　配制钾粉末源的数据

粉末源的重量(克)	编　号	g_k 计数/时	SiO_2 + 本底数	a_{k3} 计数/时×1% K	a_{k3} 平均值
300	K-1	1388.70	254	1134.02	1126.80±14.53
	K-2	1406.14	254	1152.02	
	K-3	1375.76	254	1121.20	
	K-4	3575.61	254	1106.78	
	K-5	5971.65	254	1143.21	
	K-6	8025.90	254	1110.19	
	K-7	12651.30	254	1126.95	
	K-8	12609.90	254	1123.20	
	K-10	17108.33	254	1123.60	
350	K-1	1523.04	254	1268.28	1261.74±32.18
	K-2	1591.32	254	1337.19	
	K-3	1516.05	254	1261.42	
	K-4	3910.80	254	1218.49	
	K-5	6535.80	254	1256.01	
	K-6	8960.40	254	1243.68	
	K-7	14011.70	254	1250.61	
	K-8	14220.90	254	1269.65	
	K-10	19009.08	254	1250.32	
500	K-1	1832.55	256	1575.60	1556.50±41.35
	K-2	1867.50	256	1611.34	
	K-3	1881.18	256	1624.37	
	K-4	4964.70	256	1568.99	
	K-5	7992.24	255	1547.01	
	K-6	10853.46	255	1513.96	
	K-7	17102.30	255	1531.46	
	K-8	16906.50	255	1513.69	
	K-10	23087.25	255	1522.13	

从图 1 可以看出,在统计涨落内(一般总计数在 10000—100000 之内),配制的不同钾含量和 g_k 之间存在着良好的线性关系,说明钾在粉末样品中混合均匀. 表 2 的 a_{k3} 平均值和均方误差表明,a_{k3} 测试相对误差低于 3%.

尽管化学方法测钾有较大的波动 (见表 1),但平均值与配制钾含量之间 45° 的线性关系

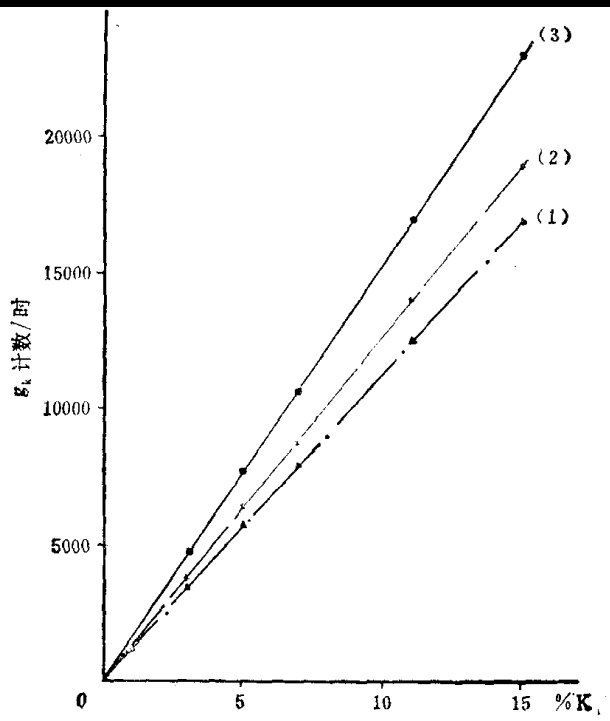


图 1　配制的不同含钾量与计数率的关系
(1) 样品重量 300 克；(2) 样品重量 350 克；
(3) 样品重量 500 克

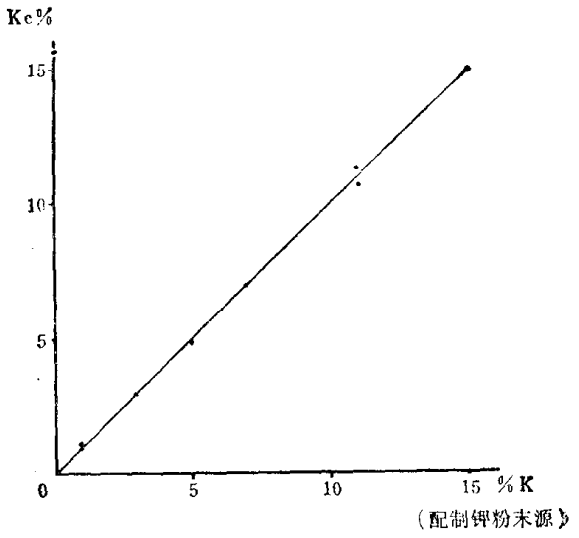


图 2　配制的不同钾含量与化学方法的比较

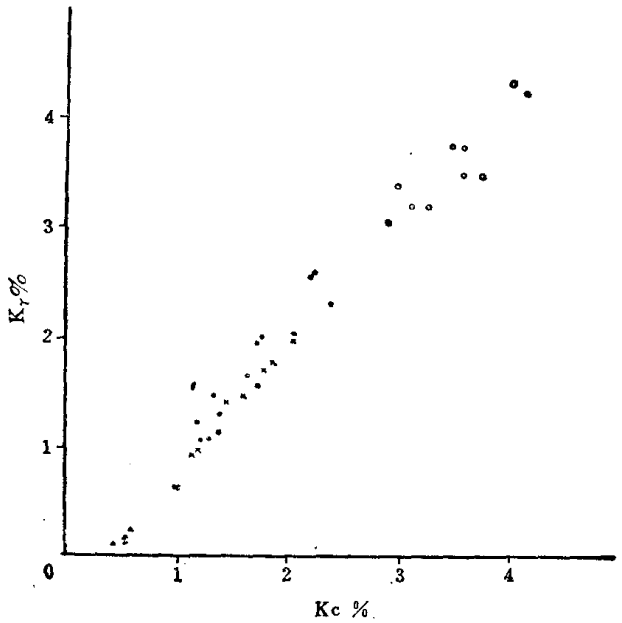


图 3　γ 谱法测钾 (K_γ) 与化学方法 (K_c) 的比较
○ 花岗片麻岩；● 角闪片麻岩；× 泥岩；▲ 灰岩

(见图 2) 反映出不存在系统误差.

应用 a_{k3} 系数和公式 (1)，测试和计算了近 40 个各种类型岩石中的钾含量，同时也进行了化学分析，两种方法的比较见图 3.

两种方法的相关系数为 0.99，相关方程为 $K_\gamma = 1.15K_c - 0.35$.

从灰岩、泥岩、片麻岩到花岗岩，钾含量有逐步增长的趋势.

测钾 γ 能量区间的本底为～220计数/小时，相应＜0.2% 钾含量. 也就是说，近于这个数值，γ 谱法测钾的精度下降（图 3）.

三、结　语

本实验配制了测定岩石中钾含量的粉末源，从本身的测试和与化学方法对比来看，数据是可靠的，可以做为实验室级的标准源.

应用 γ 谱法测定各种岩石标本中的钾含量，除较低钾含量外，其他与化学测试结果近于一致.

由于有了钾粉末源，那么应用 γ 谱法可以同时测定不破坏岩石样品中的铀、钍和钾含量.

参　考　文　献

[1] Hurey, P.M., *Bull. G.S.A.*, **67**(1956), 4: 395—412.

[2] Якубович А.Л. и Зайцев Е.И., *Разведка и Охрана Недр.*, **33**(1961), 2: 33—37.

[3] 夏明，原子能科学技术，1965，5：447—456.

[4] 夏明等，科学通报，1965，3：259—261.

[5] 曹传儒，放射性地质，**28**(1983)，6：87—90.