

化探样品的等离子体直读光谱分析

中国地质科学院岩矿测试技术研究所

殷宁万 阙松娇 戢朝玉 袁玄晖

地球化学探矿要求对大批量样品的多元素进行快速而准确的测定。等离子体直读光谱法由于其一系列的特点而对此较为适应。在分析方案的制定中,为了全面地满足高效、准确、大批量的要求,本法选择了酸溶样,以一套合成的标准溶液,在一个折衷条件下,于一份样液中测定尽可能多的各种浓度级下的主要、次要以及痕量元素。

一、仪器设备及工作条件:

分光计: Jarrell-Ash Mark III 1160
plasma AtomComp 直读分
光计

焦距—0.75米

光栅—2400线/毫米

通道数—60

单色器 (n+1通道)——Mark

V 8200 系列。焦距:

0.5米,光栅:1180线/毫米。

自动背景校正系统—多点光谱
移位器。

计算机: DEC PDP 11/23 型计算机, 内存
64k外存用RLO₁硬磁盘。附有VT—
100显示器及LA—120打印机。

等离子体发生器: Jarrell-Ash2500 型

功率—2500瓦

频率—27.12兆赫

雾化器: Jarrell-Ash高盐雾化器, 附有Ra-
inin Rabbit蠕动泵。

工作条件: 功率—1000瓦

氩气流量—冷却气: 17 升/分,

等离子气: 0, 载气:

0.4升/分, 雾化气压力:
30磅/吋²

提升量—3毫升/分

观察高度—17厘米

积分时间—7秒。

二、标准溶液:

单个元素的标准贮备液用光谱纯金属或盐配制, 然后根据相互有化学或光谱干扰的一些元素不能放在一起的原则, 组合成7个标准溶液(见表1)。没有采取标准溶液与样液基体相匹配的方案, 但二者的酸度均控制为10%王水溶液。

标准溶液的分组及元素浓度

表 1

标准编号	元 素	浓度 $\mu\text{g}/\text{ml}$
STD ₁	10%王水(含所有的痕量分析元素)	0.01
STD ₂	Al	500
	Fe, Ca, Mg, K	250
	Ti, Na	100
STD ₃	Ba, Bi, Co, Mn, Pb, Sr, Zn	10
STD ₄	Be, Li, Ni, Mo, Th, Zr	10
STD ₅	Cd, Cr, Cu, P, Sc	10
STD ₆	Ce, Ga, La, Nb, Ta, V, Y	10
STD ₇	Dy, Gd, Nd, Sm, Yb	10
		5

三、样品的溶解:

称0.1克样于聚四氟乙烯坩埚中, 加3毫升盐酸, 2毫升硝酸, 置于特制的铝电热板上于110℃下保持1小时。加3毫升氢氟酸, 1毫升过氯酸后在130℃下加热2小时。然后在约150℃下赶氢氟酸至过氯酸白烟冒尽。加1毫升王水使盐类溶解, 然后移至10毫升比色管中备用。这样制成的10%王水样液将原样稀释了100倍(0.1克/10毫升)。

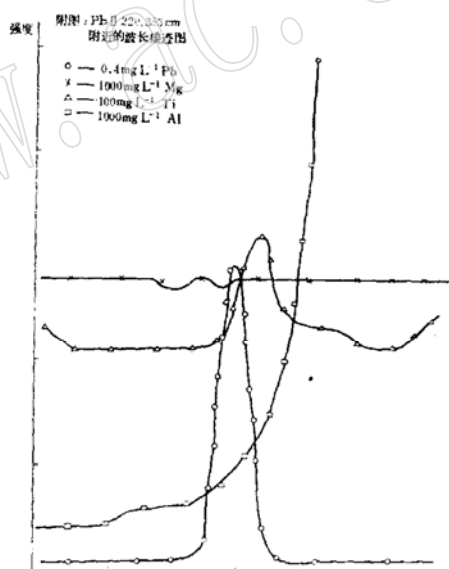
四、分析线:

仪器装有60个元素的固定通道以及 $n+1$ 选择通道。目前在化探样品分析中启用37个固定通道, 其波长、检出限、测定限、背景扣除情况以及主要的元素干扰校正系数均列于表2。

五、背景的扣除:

由于标准溶液与样品溶液的基体成份没

有匹配而样品的基体成份变化又较大, 所以, 当样品中基体元素的含量变化时, 某些痕量元素分析线上的背景漂移较大, 如不进行背景校正, 则在分析结果上将产生较大误差。多点背景校正用仪器上的光谱移位器进行的。一般是先用样品空白溶液、分析元素的标准溶液、样品溶液以及产生背景的有关元素的标准溶液作分析元素通道上的63点描述图。据此, 就可决定该通道是否要作背景校正以及在什么位置扣除背景(表2)。附图是Pb220.353nm附近的波长描述图。可见, 镁的背景干扰较大, 必须扣除。由于Pb线的长波方向有谱线干扰, 所以, 只扣Pb线右边的背景。



六、元素间干扰的校正:

在化探样品分析中, 仪器的60个固定通道, 除了少数不受其它元素谱线干扰外, 多数通道均或多或少地受到一个或数个其它元素, 特别是造岩元素的谱线干扰。如不对此进行校正, 势必得不到准确结果。根据样品溶液及有关的干扰元素和分析元素的标准溶液描述图, 并参考有关资料[1,2], 确定哪些元素的谱线干扰分析线; 然后, 再用实验

分析线及其检出限($\mu\text{g/ml}$),测定限($\mu\text{g/g}$),背景扣除情况以及主要的元素干扰校正系数 表2

元 素	波长(nm)	检 出 限	测 定 限	扣除背景情况	主 要 元 素 干 扰 校 正 系 数
Al	308.215				
Ba	493.409	0.02	0.06		
Be	234.861	0.2	0.6	扣 左 边	Fe 0.00027
Bi	223.061	3.5	10	扣 右 边	Fe 0.00008, Mg 0.00007
Ca	317.933				
Cd	228.802	0.28	0.9	扣 左 边	
Ce	418.659	3.3	10	扣 右 边	Zr 0.0346, Ti-0.0087
Co	228.616	0.34	1	扣 两 边	Ti 0.0014
Cr	267.716	1.2	3.6	扣 右 边	
Cu	324.754	0.44	1.4	扣 右 边	Nb 0.0103, Mo 0.00078, Fe 0.00017
Dy	353.171	0.4	1.2	扣 右 边	Mn 0.00275, V-0.0017, Ce 0.0012
Fe	259.940				
Ga	294.364	2.2	6.5	扣 右 边	Mn-0.0094, Ti-0.0034, Fe 0.0002
Gd	364.619	0.9	2.7	扣 右 边	Ce-0.022, Ti 0.0014, Cr 0.00034
K	766.490				
La	379.477	0.7	2	扣 右 边	Ce 0.0052, Fe 0.0002
Li	670.784	0.1	0.3		
Mg	279.079				
Mn	257.610			扣 右 边	Fe-0.00032
Mo	202.030	1.3	4	扣 左 边	Fe-0.00019
Na	588.995				
Nb	271.662	4	12		Mo 0.015, Zr 0.0079, Fe 0.006, Mn 0.0045
					Mg 0.0029, Ti 0.0028
Nd	386.341	1.9	5.7	扣 右 边	Th 0.188, Nb-0.0268, Ce-0.008
					Ti-0.0038, Mo 0.0025
Ni	231.604	1.3	4	扣 左 边	
P	214.914	42	65		Al 0.0037, Mg 0.0019, Fe 0.0019
Pb	220.353	4.2	13	扣 右 边	Nb 0.017, Cr-0.0013, Al 0.00075
					Ti 0.00052
Sc	361.384	0.03	0.1		
Sm	442.434	0.8	2.4	扣 右 边	Cr 0.0009, Ti 0.00043, Nb-0.0003
Sr	421.552	0.05	0.15		
Ta	240.063	2.7	9	扣 左 边	
Th	401.913	1	3	扣 右 边	Ce 0.0542
Ti	334.941				
V	292.402	0.4	1.2	扣 左 边	Cu 0.00195, Mo-0.0056
Y	371.030	0.08	0.24		
Yb	328.937	0.1	0.3	扣 左 边	
Zn	213.856	0.2	0.6	扣 左 边	Cu 0.00458
Zr	343.823	0.3	1	扣 两 边	

方法〔3〕根据干扰元素的标准溶液在分析通道上的显示计算出校正系数,并将所有校正系数均存入计算机以便在分析过程中自动将干扰扣除。附图表明,Al和Ti对Pb线

均有谱线干扰,必须加以校正。分析系统中主要的校正系数列于表2。

七、分析结果:

用本法分析地质矿产部GSD—1—8八个水系

沉积物标准参考样的结果及其精度(RSD%)和准确度($\Delta\log C$)均列于表3。几个国际标样(美国的USGS, 加拿大的CANMET及法国的ANRT-CRPG标准参考样)的分析结果及与推荐值的对比列于表4

八、讨论:

1. 关于溶样—在样品分析过程中, 上

机时间很短(每个样品的积分、冲洗时间约3分钟), 工作效率主要决定于溶样时间, 所以, 在考虑溶样方案时必须兼顾分析项目、速度、检出限及精度。碱熔法较费事, 引入盐类太多。酸溶法不能使锆石、刚玉、尖晶石等全溶。目前从大批量样品的多元素同时测定出发, 选择了酸溶法。在酸溶样液中, 一次测量

GSDI-8水系沉积物标准参考样的结果及其精度和准确度

表 3

元 素	GSD-1				GSD-2				GSD-3			
	平均值 (ppm)	可用值 (ppm)	RSD%	$\Delta\log C$	平均值 (ppm)	可用值 (ppm)	RSD%	$\Delta\log C$	平均值 (ppm)	可用值 (ppm)	RSD%	$\Delta\log C$
Al	78100	78600	1.7	-0.003	82100	83300	1.54	-0.006	64100	63900	1.86	0.0014
Fe	49600	51300	1.77	-0.015	13700	13300	1.88	0.013	47000	45600	2.06	0.013
Ca	33700	33200	1.54	0.006	1870	2200	10.9	-0.071	1620	1800	5.26	-0.046
Mg	25000	25000	1.6	0	1340	1300	6.32	0.013	4330	4100	2.56	0.024
K	23200	25900	5.1	-0.048	44300	43000	1.81	0.013	21700	20300	4.83	0.029
Na	25800	23100	1.86	0.048	22800	23000	1.95	-0.004	2580	2400	13.7	0.031
Ti	5775	5830	1.33	-0.004	1388	1370	1.22	0.006	6178	6370	4.04	-0.013
Ba	887	946	1.90	-0.027	171	188	1.59	-0.041	577	617	2.10	-0.03
Bc	3	3	20	0	16.6	17	3.87	-0.01	1.6	1.5	30.9	0.028
Ce	76	80	1.37	-0.022	185	193	2.42	-0.018	63	63	3.47	0
Co	22	20	2.85	0.041	2.1	2.8	8.67	-0.12	13.5	12	2.91	0.50
Cr	181	195	2.75	-0.032	14.7	12.5	6.80	0.07	86	87	10.6	-0.005
Cu	21	21	3.36	0	5.2	4.9	4.60	0.026	175.5	177	2.17	-0.004
Ga	24	22.74	5.11	0.023	28.4	27.4	3.79	0.016	17.6	16.22	5.78	0.035
La	41	45	1.83	-0.033	89.8	87	2.16	0.014	39.4	41	4.0	-0.017
Li	30.8	29	1.61	0.026	102	101	2.16	0.004	32.8	33	1.80	-0.003
Mn	857	903	1.66	-0.023	253	240	1.97	0.023	406	395	1.87	0.012
Nb	41.7	35	8.67	0.076	96	95	6.47	0.005	15.9	16	21.1	-0.003
Ni	72.4	76	2.7	-0.021	5.1	5.5	12.2	-0.033	25.6	26	3.60	-0.007
P	1503	1490	2.49	0.004	244	193	8.38	0.102	697	624	3.48	0.048
Pb	25.7	24	8.63	0.03	47	30	12.0	0.195	35.7	40	14.7	-0.049
Sr	511	522	1.73	-0.009	27.3	27	9.54	0.005	91	91	2.19	0
Sc	14.9	16.37	1.73	-0.04	4.8	4.09	2.37	0.07	14	14.77	1.9	-0.02
Th	31	26	3.67	0.076	75	66	2.68	0.056	11.4	8.9	3.81	0.108
Ta	<9	3.62	—	—	15	15.35	10.35	-0.01	<9	1.09	—	—
V	119	122	2.17	-0.011	15.1	16	1.31	-0.025	122.7	120	2.75	0.010
Y	24.5	22	2.11	0.047	47	67	3.13	-0.15	18.6	21	7.43	-0.053
Zn	97	79	8.1	0.089	55	43	8.01	0.107	74.8	52	15.3	0.158
Zr	(75)	314	9.3	—	(349)	462	3.08	—	(133)	221	9.67	—
Nd	42	38	1.64	0.043	65	58	5.16	0.049	32.8	27	5.72	0.085
Sm	7.56	7	10.36	0.033	11.5	11	8.49	0.019	5.1	5.8	14.9	-0.056
Gd	8.1	6	8.5	0.13	9.6	11	10	-0.06	6.9	5.8	14.0	0.115
Yb	3.08	2.4	4.77	0.11	8.07	10.6	3.04	-0.118	2.9	2.5	8.76	0.064
Dy	5.24	4.7	6.0	0.047	9.14	12.5	3.00	-0.136	3.9	4.4	8.23	-0.052
Mo	<4	0.74	—	—	<4	2	—	—	95	92.6	—	0.01

续表

元素	GSD-4				GSD-5				CSD-6			
	平均值 (ppm)	可用值 (ppm)	RSD%	$\Delta\log C$	平均值 (ppm)	可用值 (ppm)	RSD%	$\Delta\log C$	平均值 (ppm)	可用值 (ppm)	RSD%	$\Delta\log C$
Al	83800	83200	1.88	0.003	82900	81900	2.07	0.005	75800	75000	2.20	0.005
Fe	40900	41200	1.97	-0.003	41100	40800	2.19	0.003	41000	40900	2.33	0.001
Ca	56600	53500	1.42	0.024	41100	37900	1.57	0.035	29200	27500	1.83	0.026
Mg	6370	6100	2.72	0.019	6200	5800	2.19	0.029	18500	18000	2.17	0.012
K	19000	17900	5.4	0.026	18500	16900	6.46	0.039	20700	20200	4.84	0.011
Na	2560	2200	15.6	0.066	3400	3000	15.9	0.054	17200	17200	2.63	0
Ti	5275	5320	2.38	-0.004	5343	5320	2.34	0.002	4653	4600	2.36	0.005
Ba	426	454	2.16	-0.028	424	436	2.60	-0.012	300	327	2.0	-0.037
Be	2.4	2	16.1	0.079	2.4	2.4	20.3	0	1.8	1.6	26.6	0.05
Ce	75.9	76	2.61	-0.001	85.2	82	2.18	0.017	65.3	67	3.43	-0.011
Co	18.3	18	4.86	0.007	19.3	19	4.82	0.007	24.7	24.7	3.57	0
Cr	77	81	14.4	-0.022	66.2	69	10.26	-0.018	171	192	4.21	-0.05
Cu	37.7	37	2.26	0.008	135	137	1.87	-0.006	367	383	1.77	-0.019
Ga	22.6	20.64	6.24	0.039	22.6	20.23	5.81	0.052	17.5	16.72	8.56	0.020
La	40.7	43	1.57	-0.024	44.7	47	2.43	-0.022	38.5	40.7	2.10	-0.024
Li	53	50	2.47	0.025	47	44	2.69	0.029	41	40	2.47	0.011
Mn	775	824	2.20	-0.027	1110	1170	2.93	-0.021	916	976	2.11	-0.028
Nb	23.5	18.5	13.9	0.104	20.8	19.7	22.8	0.024	16.6	12	16.3	0.14
Ni	37.4	40	5.95	0.029	33	34.5	3.96	-0.019	73.6	78	2.78	-0.025
P	533	462	8.24	0.062	685	611	5.21	0.05	1000	1081	3.95	0.034
Pb	24	31	8.59	-0.11	107	113	3.29	-0.024	23.8	28.5	5.84	-0.78
Sr	139	141	2.95	-0.006	203	202	2.55	0.002	266	263	1.74	0.005
Sc	15	15.79	3.38	-0.022	14	14.97	3.0	-0.029	16.4	17.62	1.95	-0.031
Th	16.5	14	4.47	0.071	17.2	15.4	4.02	0.048	10.2	9.3	2.32	0.04
Ta	<9	1.36	—	—	<9	1.4	—	—	<9	0.71	—	—
V	114	119	4.28	-0.019	105	109	3.37	-0.016	136	141	2.28	-0.016
Y	23.4	27	3.60	-0.062	23	26	2.82	-0.053	20.8	21	1.85	-0.004
Zn	113.6	102	7.11	0.047	256	241	4.79	0.026	154	143	5.52	0.032
Zr	122	190	5.5	—	(133)	218	4.72	—	(124)	171	6.03	—
Nd	33.9	30.9	3.95	0.04	37.2	35	3.23	0.026	35	31	4.00	0.053
Sm	6.81	5.9	17.6	0.062	7.0	6.5	9.31	0.032	6.72	5.9	9.9	0.057
Gd	6.45	5.3	—	0.09	7.3	5.7	7.95	0.11	6.0	5.1	—	0.07
Yb	3.01	2.7	3.01	0.047	3.01	2.8	7.50	0.03	2.7	2	13.0	0.13
By	4.85	4.9	4.85	-0.004	5.1	5.2	9.60	-0.008	4.4	4.2	4.97	0.02
Mo	<4	—	0.82	—	<4	1.1	—	—	9	7.8	—	0.06

Al、Fe、Ca、Mg、K、Na、Ti、Mn、P、Ba、Be、Co、Cr、Cu、Ga、Li、Ni、Pb、Sr、Th、V、Zn、La、Ce、Nd、Sm、Gd、Dy、Y、Yb、Sc以及Bi、Cd、Mo、Nb、Ta、Zr等37个元素。最后5个元素当处于背景浓度以下时,不能被检出。铍由于酸溶不完全,结果偏低。

2. 关于检出限和测定限—人工合成基体溶液(500ppm Al, 250ppm Fe, Ca, Mg, K以及100ppm Na, Ti)10次实测信号平均值与2倍基体溶液信号值的标准偏差之和为检出限;与6倍基体溶液信号值的标准偏差之和为测定限。表2所列检出限与测定限均已乘上稀释因数100换算为样品中的元素

续表

元素	GSD-7				GSD-8			
	平均值 (ppm)	可用值 (ppm)	RSD%	$\Delta \log C$	平均值 (ppm)	可用值 (ppm)	RSD%	$\Delta \log C$
Al	70300	71200	3.13	-0.006	41200	40800	2.56	0.004
Fe	45000	45400	3.29	-0.004	16100	15400	2.97	0.019
Ca	12360	11900	2.97	0.016	1700	1900	4.76	-0.048
Mg	18800	18600	3.18	0.005	1630	1600	4.42	0.008
K	29500	29000	3.78	0.007	25200	22800	5.62	0.043
Na	8800	9100	3.53	-0.015	3520	3700	8.97	-0.022
Ti	4522	4420	2.98	0.010	3808	3620	2.82	0.022
Ba	677	728	3.20	-0.032	435	489	2.61	-0.05
Be	2.8	2.7	20.2	0.016	1.9	2	10.83	-0.022
Ce	75.4	78	3.45	-0.015	52.5	56	4.64	-0.028
Co	21.3	21	3.82	0.006	4.8	3.7	8.16	0.11
Cr	109	122	7.0	-0.049	9.3	7.3	9.83	0.11
Cu	37.3	37	2.71	0.004	5.2	4	12.8	0.11
Ga	19.5	17.60	7.88	0.045	11.9	10.66	5.66	0.048
La	44.9	45.4	3.45	-0.005	27.8	31	3.13	-0.047
Li	32.6	31.9	3.06	0.009	12.8	13.3	2.73	-0.017
Mn	664	689	3.27	-0.016	335	335	2.55	0
Nb	20.2	16	17.3	0.10	32.8	35	12.1	-0.028
Ni	52	53.7	3.99	-0.014	1.84	3	23.1	-0.21
P	874	832	4.69	0.021	217	132	13.1	0.21
Pb	333	350	4.0	-0.022	22.7	21	17.95	0.034
Sr	217	220	3.16	-0.006	48.6	51	2.94	-0.021
Sc	13.7	14.89	3.4	-0.036	5.4	5.82	2.45	-0.032
Th	13.7	12	5.81	0.057	14.7	13	5.64	0.05
Ta	<9	1.34	—	—	4.4	4.2	36.7	0.02
V	93.3	96.2	3.15	-0.013	27	26	2.56	0.016
Y	19	23.3	4.70	-0.089	14.8	17.2	2.76	-0.065
Zn	251	238	6.43	0.023	58.6	43.6	7.95	0.13
Zr	119	163	6.19	—	104	494	9.30	—
Nd	39	34.4	4.85	0.054	21.7	21	6.39	0.014
Sm	6.40	6	17.9	0.028	4.2	4	21.2	0.021
Gd	7.0	6.7	11.9	0.019	4.9	4	10.38	0.088
Yb	2.6	2.6	8.85	0	2.3	2.1	8.44	0.04
Dy	4.2	4.5	4.02	-0.03	3.2	2.9	6.0	0.043
Mo	4	1.4	—	—	<4	0.52	—	—

含量。

3. 关于精度和准确度—精度用相对标准偏差(RSD%)表示。表3所列是三周内10次独立分析GSD1—8的统计结果。它说明主要元素及次要元素的RSD%一般为2—5%；痕量元素一般为5—10%，在接近测定限时约为20%。准确度用10次分析平均值的对数

与可用值的对数之差表示。 $\Delta \lg c$ 一般均不大于0.2。

4. 关于分析结果—根据表3中本法的GSD1—8分析结果与可用值对比来看，几乎所有的主要和次要元素都吻合很好。在痕量元素中，Zr的结果普遍偏低，这是酸溶不完全所致。与国际标样推荐值吻合的情况一般

几个国际标样的分析结果及对比

表 4

元 素	SY-2(CANMET)		GXR-2(USGS)		GXR-5(USGS)		GXR-6(USGS)	
	推 荐 值 (ppm)	实 测 值 (ppm)	推 荐 值 (ppm)	实 测 值 (ppm)	推 荐 值 (ppm)	实 测 值 (ppm)	推 荐 值 (ppm)	实 测 值 (ppm)
Al	64100	63030	186000	(87500)	208000	(76253)	166000	(105162)
Fe	43900	42251	19000	18509	31900	35573	55800	57932
Ca	57000	58037	8200	9776	7500	8857	1100	2266
Mg	16300	16378	8800	9585	12200	12699	6200	6828
K	37200	37594	14100	12500	8200	8540	20400	19430
Na	32100	31687	5540	5634	7700	8903	1040	2226
Ti	800	831	2800	2845	2100	2470	5000	5477
Ba	460	421	2000	2475	1800	1840	1100	1307
Bc	23	21	1.6	1.5	1.2	1.9	1.1	2.9
Ce	210?	150	50	48.3	40	39.7	38	33.3
Co	11	7.7	9	9.6	30	31.3	14	16
Cr	12	11.1	37	31.6	100	93.3	96	89
Cu	5	3.9	62—100	78	360	352	105	71
Ga	15—40	24.7	32	25	34	24	30	25.6
La	88	68.6	25	27	18	17	14	18.8
Li	93	95.5	—	60	—	43.8	—	—
Mn	2500	2218	960	921	280	272	1000	1066
Nb	15—35	28.5	—	8	—	13	—	16
Ni	10	6.7	18	16.5	63	70.9	22	24.5
P	1880	1848	—	741	—	480	—	—
Pb	91	89.9	615	621	22	12	110	93
Sr	275	257	160	157.5	120	109	42	41
Sc	5—10	8	6.8	6.5	7.8	7.9	31	27
Th	380	379	8.3	9.5	5.3	6.5	5.2	7.4
Ta	1.8—2.1	<9	0.76	<9	0.46	<9	—	—
V	52	47	57	49	60	55	180	197
Y	103—220	120	—	16.4	—	16	—	—
Zn	250	240	500	490	50	66	120	147
Zr	280	311	200	(163)	140	(93)	106	118
Nd	71	78	—	23	—	22.3	—	—
Sm	15	17	3.3	5.5	2.9	3.5	2.4	1.7
Gd	11—22	17	—	5.5	—	3.9	—	—
Yb	17	17	2.2	2.2	2	2.3	2.7	3
Dy	10—32	20	3.3	3.4	2	3.6	2.8	3.2
Ho	<4	<4	—	—	30	35	—	—

也较好〔表4〕,但也存在着一些差异。在Sy-2中测得150ppmCe,而推荐值为210?ppm^[4],Co与La的结果分别为7.7ppm(推荐值为11ppm)及68.6ppm(推荐值为88ppm)而与Church^[5]分别测得的8.7ppm及74ppm相近。在GXR—2及GXR—5上,Al的结果偏低,这是酸溶不完全所引起的。在其它一些

痕量元素结果上也存在着差异。要指出的是,这两个样品的推荐值^[6]是在一个实验室中用核方法和原子吸收两种手段测得,而在Abbey的标样综述文章^[7]中,GXR标样的推荐值都是带?号的。在MA—N及BE—N上,本法测得的Pb分别为52ppm及17ppm,与推荐值29ppm与4ppm^[8]相差较大,但与

续表

元素	MA-N(ANRT-CRP)		GH(ANRT-CRPG)		GS-N(ANRT-CRPG)		GA(ANRT-CRPG)		BE-N(ANRT-CRPG)	
	推荐值 (ppm)	实测值 (ppm)	推荐值 (ppm)	实测值 (ppm)	推荐值 (ppm)	实测值 (ppm)	推荐值 (ppm)	实测值 (ppm)	推荐值 (ppm)	实测值 (ppm)
Al	91005	81160	67734	70875	77274	81880	78599	81595	53280	53745
Fe	3287	3330	9720	10075	25737	26745	19583	19870	89802	82940
Ca	4216	4573	5288	6459	17510	19630	17580	19530	99100	99070
Mg	240	265	175	577	13870	14670	5770	6138	79320	79240
K	26400	27995	35350	40110	32875	42380	51870	36285	11500	11215
Na	43310	42330	28330	29640	27440	29915	25880	28640	23580	24825
Ti	60	78	455	493	3860	4276	2158	2434	15600	14060
Ba	42	32	22	22	1370	1401	850	815	1025	984
Be	280	292	6	4.6	5.3	4.6	3.6	2.7	—	2.9
Ce	10	—	50	55	155	131	70	70	152	133
Co	1	—	1.5	—	66	67	5	4.7	61	61
Cr	3	4.9	6	6.4	54	54.2	12	11.8	360	312
Cu	140	137	14	18.5	21	19.4	16	18.6	72	69
Ga	59	57.6	23	23.5	—	21	16	17	17	17.3
La	1	<2	25	23.3	75	75.3	38	41	82	87
Li	4900	4529	45	45	50	53	90	89	12	12.9
Mn	310	287	370	373	408	409	660	637	1550	1377
Nb	173	195	85	98	—	—	10	15	100	61
Ni	3	5	3	1.1	37	33	7	6.7	267	232
P	6065	6132	35	61	1200	1313	550	631	4580	3800
Pb	29	52	45	59	54	50.4	30	30	4	17
Sr	84	60	10	9.5	565	578	310	295	1370	1310
Sc	0.24	—	1	0.5	—	—	7	6.6	22	21
Th	1	0.8	90	89	32	44.4	17	16.7	11	14
Ta	306	297	5.5-7.1	<9	—	—	1.2-1.5	2-1	5.5	<9
V	4.6	—	5	<1.2	62.9	64	38	38.6	235	228
Y	1	—	70	77	—	17	21	19.7	30	32
Zn	220	245	85	95	48.5	56.8	80	94	120	144
Zr	27	35	150	179	99	101.7	150	(86.4)	265	249
Nd	—	—	25	30	50	54	25	29.5	70	73
Sm	—	—	10	7.8	7.2	6.4	5	4.5	12	10.3
Gd	—	—	6.8-14	10.4	5.4	4	2-4	4	9	13.5
Yb	—	—	8	8.1	1.32	1.35	2	1.8	1.8	2.6
Dy	—	—	7	13	—	—	1.3-6.6	3.3	—	—
Mo	3	<4	4	<4	<3	<4	<3	<4	<5	<4

Church^[6]的57ppm及23ppm较接近。此外，在某些标样(GA, GXR—2, GXR—5)上，Zr的结果也由于酸溶不完全而偏低。

参 考 文 献

1. Parsons M. L., Foster, A., Anderson, D., An atlas of spectral interferences in ICP spectroscopy--Plenum Press, 1980.
2. Boumans P. W. J. M., Line coincidence

tables for ICP-AES--Pergamon Press, 1980.

3. Marciello L., Ward A. E., Jarrell-Ash Plasma Newsletter, 1, 2, 12-13, 1978.
4. Abbey S.,--CANMET Report, 79-35, 1979.
5. Church S. E., Geostandards Newsletter, 5, 2, 133-159, 1981.
6. Gladney E., Perrin D. R., Owens J. W., Knab, D., Analytical Chemistry, 51, 9, 1557, 1979.
7. Abbey S., Geostandards Newsletter, 4, 2, 163, 1980.
8. Govindaraju K., Geostandards Newsletter, 4, 1, 49, 1980.

Analysis of Geochemical Samples by ICP Direct Reading Spectrometry

Yin Ning-wan

Geochemical exploration requires a large number of samples to be analyzed rapidly, precisely and accurately for a lot of elements. This task has been fulfilled by ICP-AES well. Samples were decomposed with hydrofluoric acid and perchloric acid and analyzed on a 60-channel Jarrell-Ash 1160 Plasma Atom-Comp. Analytical results determined on 37 elements in 8 Chinese Geochemical Standard Samples are presented and agree well with usable values. Several International Geochemical Reference Samples have been analyzed and correlation data are also presented.