

成都市多目标地球化学调查和双层采样的效果

赵 琦

(四川省地矿局,四川 成都 610081)

提要:成都平原多目标地球化学调查在研究元素基准值及分布特征、构造、农业、环境污染的研究、天然气的预测、pH值的计算等方面取得了进展。并且判定深层样对研究深部元素分布、构造研究、根深作物发育、天然气预测、浅层样对浅层元素分布、农业地质、环境污染等研究有着特殊的作用。多目标地球化学调查及其双层采样方法可以推广。

关键词:多目标地球化学调查;元素背景;构造地球化学;农业地质;pH值研究;环境污染;天然气预测

中图分类号:P595 文献标识码:A 文章编号:1000-3657(2002)02-0186-06

本次工作与以往1:20万化探扫面工作不同,不是单纯地只采表层的水系沉积物样品,而是按中国地质调查局的要求采集与人类活动更为密切的土壤样品。样品包括受人类活动干扰较少的第一地球化学环境的深层样和干扰大的第二地球化学环境的浅层样。第四系覆盖区的地球化学调查在多目标研究中能解决什么问题,双层采样又有什么结果,这是广大地球化学工作者所关心的问题,笔者就成都市的多目标地球化学调查成果做了系统的研究。

成都市辖区面积有12 900 km²,深层采样密度为每16 km²一个样,深度1.5~1.8 m,共采样649件,代表该区的地球化学基准值,即第一地球化学环境。浅层采样密度为每4 km²一个样,采样深度0.2 m左右,共采3 059件样品,代表的是受表生环境影响和污染的第二地球化学环境。

多目标地球化学调查在各地有不同的侧重点,成都市主要是以研究第四系地球化学背景、构造、农业、环境污染、油气等为重点。通过深、浅层样品的研究发现,浅层样主要是用以研究浅层的地球化学背景、农业、环境污染;深层样则是研究深层的(基准的)地球化学背景、构造、农业元素、油气等。研究表明多目标地球化学调查和双层采样的工作方法是可行的,值得推广。

1 元素地球化学特征^[1~3]

1.1 深、浅层样品的元素特征和全国土壤丰度值的对比

成都市深、浅层样品各元素特征值见表1,深、浅层样品的全国土壤衬值见表2。深层样K₁(衬值)大于1.3的有Au、Cd、B、Ni、C 5个元素。浅层样除了深层样的5个元素外,又多了Cu、Pb、Zn、Th、Sn、Li等热液元素和N、P、S、Se等浅层发育的元素。研究表明浅层样高丰度的元素多,表1中50个元素K₁(衬值)的均值,为1.35,深层样为1.07,低于全国土壤的丰度的元素浅层样只有10个,深层样多达17个。值得注意的是成都地区无论是深层样或浅层样K₂O、MgO、CaO丰度偏低,该区是心血管疾病的高发区,是否与此有关值得注意^[4]。

1.2 深、浅层样品的丰度对比

从下面的浅层样品和深层样品丰度比值来看,其值高的显然是浅层样发育的元素。当 ≥ 2.0 时有:S、N、Hg、Se、C;当 $< 2.0 \sim \geq 1.4$ 时有:P、CaO、Cd、Pb;当 $< 1.4 \sim \geq 1.2$ 时有:Sb、Bi;当 $< 1.2 \sim \geq 1.1$ 时有:Cu、Ga、Zn、Sn、Li、Na₂O、Ag、B、Sr、Mo;当 $< 1.1 \sim \geq 1.0$ 时有:La、Ce、Sc、Th、Ba、W、Ge、SiO₂、V、Nb、Zr;当 $< 1.0 \sim \geq 0.95$ 时有:U、MgO、Al₂O₃、Ti、Ni、Be、Y、F、

表 1 成都市深、浅层样品统计对比
Table 1 Statistical comparison of the deep- and shallow-layer samples in Chengdu City

元素	深 层 样								浅 层 样								浅 X ₁ 深 X ₁	浅 D 深 D	
	未 剔 除			已 剔 除			K ₁	D	未 剔 除			已 剔 除			K ₁	D			
	X ₁	S ₁	Cv ₁	X ₂	S ₂	Cv ₂			X ₁	S ₁	Cv ₁	X ₂	S ₂	Cv ₂					
低 温	Au	2.87	6.59	5.29	2.09	0.51	0.24	2.00	17.8	2.70	1.92	0.71	2.53	0.93	0.37	1.93	2.21	0.94	0.12
	As	10.30	6.13	1.59	9.87	4.95	0.50	1.03	1.30	9.34	4.41	0.47	8.79	3.31	0.38	0.93	1.42	0.90	1.09
	Sb	0.72	0.38	3.53	0.69	0.33	0.48	0.90	1.19	0.885	0.381	0.47	0.862	0.313	0.36	1.11	1.25	1.23	1.05
	Hg	0.051	0.076	7.49	0.042	0.021	0.50	1.28	4.45	0.138	0.186	1.42	0.103	1066	0.64	3.45	3.59	2.71	0.81
	Ba	465	115	1.25	455	114	0.25	0.91	1.01	465.8	112	0.24	460.9	101	0.22	0.93	1.19	1.00	1.11
中 温	Ag	0.073	0.051	5.21	0.072	0.031	0.18	0.91	1.17	0.083	0.052	0.62	0.079	0.014	0.18	1.04	3.87	1.14	3.31
	Cu	26.70	10.20	0.38	25.82	8.35	0.32	1.11	1.26	32.97	22.1	0.67	30.02	9.44	0.32	1.37	2.57	1.23	2.04
	Pb	24.46	8.14	1.33	23.96	7.41	0.31	1.06	1.11	36.30	93.6	2.58	32.51	10.6	0.33	1.58	9.90	1.49	8.92
	Zn	76.67	17.20	0.22	76.35	16.5	0.22	1.13	1.05	89.37	46.0	0.52	85.51	29.5	0.35	1.31	1.63	1.17	1.55
	Cd	0.14	0.05	5.36	0.135	0.042	0.31	1.56	1.23	0.230	0.155	0.67	0.208	0.046	0.22	2.56	3.76	1.64	3.06
	Mo	0.757	0.528	3.71	0.721	0.321	0.45	0.95	1.77	0.868	0.774	0.89	0.791	0.291	0.37	1.09	2.92	1.15	1.65
	U	2.68	1.05	0.39	2.63	0.97	0.37		1.10	2.72	0.86	0.32	2.68	0.66	0.25		1.32	1.01	1.20
	Th	14.52	4.94	9.34	14.33	43.7	0.31	1.16	1.15	17.24	25.6	1.48	15.02	3.73	0.25	1.38	7.88	1.19	6.85
高 温	W	1.84	0.66	6.36	1.83	0.64	0.35	1.02	1.03	1.86	1.17	0.63	1.81	0.52	0.29	1.03	2.31	1.01	2.24
	Sn	3.07	0.63	6.21	3.04	0.59	0.19	1.23	1.08	3.48	0.78	0.22	3.45	0.71	0.21	1.39	1.11	1.13	1.03
	Li	35.54	8.71	7.25	35.50	8.65	0.24	1.18	1.01	40.50	9.35	0.23	40.19	8.11	0.20	1.35	1.16	1.14	1.15
	Be	2.26	0.59	5.26	2.25	0.57	0.25	1.26	1.04	2.17	0.49	0.23	2.15	0.45	0.21	1.21	1.11	0.96	1.07
	F	618.1	183	8.30	612.6	170	0.28	1.29	1.09	598.7	169	0.28	589.2	122	0.21	1.25	1.41	0.97	1.29
	B	62.62	21.20	0.34	62.17	20.5	0.33	1.57	1.04	67.68	23.4	0.35	67.30	22.4	0.33	1.69	1.05	1.08	1.01
	Bi	0.293	0.119	1.41	0.289	0.10	0.35	0.98	1.20	0.351	0.116	0.33	0.344	0.097	0.28	1.17	1.22	1.20	1.02
族	TFe ₃ O ₂	5.64	1.46	4.26	5.59	1.34	0.24	1.20	1.10	5.43	1.22	0.23	5.31	0.89	0.17	1.16	1.41	0.96	1.28
	Mn	710	361	6.51	693.3	307	0.44	1.18	1.20	616.6	233	0.38	588.6	172	0.29	1.03	1.42	0.87	1.18
	Co	15.43	5.87	8.38	15.14	4.39	0.29	1.20	1.37	15.37	4.93	0.32	14.76	7.28	0.22	1.18	1.57	1.00	1.15
	Ni	35.77	11.4	0.32	34.88	9.65	0.27	1.38	1.21	36.49	23.7	0.65	33.84	0.18	0.21	1.40	3.56	1.02	2.94
	V	101.8	27.0	0.27	100.3	23.2	0.23	1.24	1.18	104.4	28.1	0.27	101.7	20.3	0.20	1.27	1.43	1.03	1.21
	Ti	4735	1112	1.24	4662	965	0.27	1.10	1.17	4704	1351	0.29	4553	880	0.19	1.09	1.59	0.99	1.36
	Cr	82.50	24.9	0.30	78.07	16.1	0.21	1.27	1.64	81.37	42.5	0.52	75.61	14.9	0.20	1.25	3.08	0.99	1.88
常 量	Al ₂ O ₃	13.32	2.67	6.20	13.31	2.60	0.20	1.06	1.03	13.07	1.73	0.13	13.10	0.59	0.12	1.04	1.09	0.98	1.06
	SiO ₂	66.63	5.39	3.08	66.63	5.15	0.08	1.03	1.05	66.43	6.04	0.09	66.99	4.93	0.07	1.02	1.22	1.00	1.16
	K ₂ O	2.20	0.61	6.28	2.19	0.59	0.27	0.88	1.05	2.13	0.55	0.26	2.11	0.52	0.25	0.85	1.07	0.97	1.02
	Na ₂ O	0.88	0.53	5.60	0.88	0.53	0.60	0.55	1.00	1.00	0.71	0.71	0.90	0.53	0.59	0.63	1.49	1.14	1.49
	CaO	1.84	2.45	4.33	0.99	0.74	0.75	0.58	6.13										
	MgO	1.52	0.60	6.40	1.52	0.60	0.40	0.84	1.00	1.71	1.02	0.60	1.56	0.54	0.35	0.95	2.06	1.13	2.06
原 有 其 他 元 素	P	404.8	181	8.45	402.2	177	0.44	0.78	1.03	728.9	226	0.31	712.7	195	0.27	1.40	1.19	1.80	1.16
	Y	28.32	4.64	6.16	28.16	4.00	0.14	1.23	1.17	26.89	5.30	0.20	26.81	3.92	0.14	1.17	1.43	0.95	1.22
	La	34.24	7.41	4.21	34.60	6.71	0.19	0.91	1.11	36.96	6.8	0.81	36.75	5.62	0.15	0.97	1.22	1.08	1.10
	Nb	17.74	3.71	7.21	17.72	3.67	0.21	1.11	1.01	17.70	4.48	0.25	17.59	4.21	0.24	1.11	1.07	1.00	1.06
	Zr	261.1	52.3	0.20	260.3	49.5	0.19	1.04	1.06	253.1	64.9	0.26	252.4	60.9	0.24	1.01	1.07	0.97	1.01
	Sr	113.9	54.9	0.48	107.0	44.3	0.41	0.67	1.32	127.0	62.4	0.49	117.6	42.5	0.36	0.75	1.59	1.12	1.20
新 加 其 他 元 素	N	439.1	164	6.38	430.5	152	0.36	0.69	1.10	1358	542	0.40	1324	462	0.35	2.12	1.21	3.09	1.10
	C	0.537	0.537	3.00	0.376	0.226	0.60	1.51	3.40	1.49	0.87	0.59	1.34	0.50	0.38	4.26	1.92	2.78	0.82
	S	113.7	98.2	0.86	90.9	28.6	0.32	0.76	4.30	405.2	282	0.70	358.7	151	0.42	2.70	2.11	3.56	0.49
	Ce	68.37	18.6	0.27	67.92	16.5	0.24	0.95	1.13	71.79	14.6	0.20	71.34	12.3	0.17	1.00	1.20	1.05	1.06
	Sc	11.55	2.98	9.26	11.51	2.77	0.24	0.98	1.08	11.59	2.92	0.25	11.33	2.28	0.20	1.05	1.31	1.00	1.21
	Se	0.11	0.067	6.61	0.102	0.048	0.48	0.55	1.50	0.276	0.138	0.50	0.263	0.099	0.38	1.38	1.46	2.51	1.67
	Tl	0.721	0.151	5.21	0.719	0.147	0.20	1.20	1.03	0.586	0.114	0.19	0.583	0.106	0.18	0.98	1.08	0.81	1.05
	Ca	17.35	5.18	1.30	17.08	4.73	0.27	1.02	1.11	20.28	5.54	0.27	20.03	5.08	0.25	1.19	1.10	1.17	0.99
	Ge	1.38	0.18	1.13	1.39	0.18	0.13	1.06	1.02	1.399	0.195	0.14	1.407	0.175	0.12	1.08	1.11	1.01	1.09
	Rb	107.6	30.5	0.28	106.8	29.2	0.27	1.08	1.05	96.77	22.1	0.23	96.74	20.4	0.21	0.91	1.09	0.90	1.04
	Cl									71.79	48.3	0.67	65.12	26.8	0.41		1.99		
	pH	7.44	0.90	9.12	7.70	0.50	0.07		1.72	7.08	0.97	0.14	7.07	0.96	0.14		1.02	0.95	0.59
平均	N = 51			0.41			0.30	1.07	1.74			0.49			0.27	1.35	1.96	1.24	1.56

注：样品由成都岩矿测试中心分析，氧化物单位：10⁻²，单元素单位：10⁻⁶，K₁为土壤平均值的衬值，D=(X₁×S₁)/(X₂×S₂)为元素后期改造的叠加系数，Cv₁、Cv₂为变异系数。

表 2 深、浅层样品的全国土壤衬值

Table 2 Contrast values of soils of deep-and shallow-layer samples throughout china

K ₁ 分级	深层样 N = 649 K ₁ 均值 = 1.07	浅层样 N = 3069 K ₁ 均值 = 1.35
≥ 3.0		Hg, C
< 3.0 ~ ≥ 2.0	Au	Cd, N, S
< 2.0 ~ ≥ 1.3	Cd, B, Ni, C	Au, Cu, Pb, Zn, Th, Sn, Li, B, Ni, P, Se
< 1.3 ~ ≥ 1.2	Hg, Sn, Be, F, TFe ₂ O ₃ , Co, V, Cr, Y, Tl	Be, F, V, Cr
< 1.2 ~ ≥ 1.0	As, Cu, Pb, Zn, Th, W, Li, Mn, Ti Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , Ga, Ge, Nb, Zr, Rb	Sb, Ag, Mo, W, Bi, TFe ₂ O ₃ , Mn, Co, Ti Al ₂ O ₃ , SiO ₂ , Y, Ce, Sc, Ga, Ge, Nb, Zr
< 1.0 ~ ≥ 0.8	Sb, Ag, Mo, Ba, Bi, K ₂ O, MgO, Ce, La, Sc	As, Ba, K ₂ O, MgO, La, Ti, Rb, Tl
< 0.8	Na ₂ O, CaO, N, P, S, Se, Sr	Na ₂ O, Sr

K₂O、pH ;当<0.95~≥0.90时有 Au、As、TFe₂O₃、Cr、Rb ;当<0.90时有 Tl Mn。

深层样发育的元素有 :Au、As、U、Be、F、TFe₂O₃、Mn、Ni、Ti、Cr ;Al₂O₃、K₂O、MgO、Y、Zr、Tl、Rb , 以铁族元素和常量元素较多。

1.3 深、浅层样品后期叠加改造系数D值的比较

元素丰度高的不等于异常就发育,有些是高背景的元素,为此研究了后期叠加改造系数的D值。总的来看浅层样D值均值1.96大于深层样D值均值1.74,即浅层样的元素变化较大(表1)。

深层样D值高于3.0的(表1)元素分别是Au17.8、CaO6.13、Hg4.45、S4.30、C3.40。Au在深层样品中是唯一的高丰度、高D值,是深层样为主的元素,所以在成都地区应注意利用深层样找Au。

浅层样D值大于3.0(表1)的元素有Pb9.90、Th7.88、Ag3.87、Cd3.76、Hg3.59、Ni3.56、Cr3.08。浅层样的高丰度、高D值的元素有Pb、Ag、Cd、Cu(表1)。

从两者比较看Hg、S、C是在深、浅层样中均有活动的特殊的元素。

1.4 深、浅层样品的元素相关性

为了研究深、浅层样品元素的来源,对深、浅层样对应的数据进行了元素的相关系数的计算,相关系数高的表明两者来源密切相关。

当≥0.60时有Ba、MgO、Sr、Na₂O;当<0.60≥0.50时有Sb、W、Ti、Cr、Zr和pH值;当<0.50≥0.40时有As、B、Ni、K₂O、Ga;当<0.40≥0.30时有Hg、Zn、U、Be、F、TFe₂O₃、V、P、La、Sc、Nb、Rb;当<0.30≥0.20时有Cu、Pb、Mo、Co、Al₂O₃、SiO₂、C、Y、Ce、Ge;当<0.20≥0.14时有Sn、N、Se;当<0.14≥0.00时有Ag、Cd、Th、Li、Bi、Mn、S、Tl;当<0.00时有Au。

相关性好的有Ba、MgO、Sr、Na₂O、Sb、W、Ti、Cr、Zr;差的有Sn、N、Se、Ag、Cd、Th、Li、Bi、Mn、S、Tl;最差的是Au。计算的样品为622件,用相关系数N=200以上的的临界数据来检验,相似性为0.05值是0.138,0.10值时的是0.181。该区大多数深、浅层样品的元素是相关的。浅层典型元素是S、C、N、Se。

1.5 深、浅层样品富集的元素

当浅层高富集的元素≥2.0时有S、C、Hg、Se、N(府南河高污染有S、Hg、N、C、Se未分析);当<2.0≥1.3时有Pb、P、Ag、Sb(府南河高污染有P、Pb;Ag、Sb一般)当<1.3≥1.2时有Cd、Cu、Zn(府南河高污染有Cu、Zn、Cd一般)。

当浅层中富集的元素<1.2≥1.0时有Bi、La、Sn、Mo、CaO(府南河一般污染有Bi、La、Mo、CaO);当<1.0≥0.8时有Li、Sr、K₂O、Ga、Ba、B;当<0.8≥0.7时有W、Ni、Ge、Sc、As、Ce、U。

浅层低富集的元素<0.7≥0.6时有Au、V、SiO₂、Th、Cr、MgO、Co、Ti、Be、F、Na₂O、Al₂O₃、Nb、Zr;当<0.6时有F、TFe₂O₃、Mn、Y、Tl。

研究表明,浅层高富集元素也是河流的主要的污染元素。不同类别的浅层富集元素特征是:低温元素为Hg、Sb,中温元素为Ag、Cu、Pb、Zn、Cd,其他元素为S、C、N、P、Se。

综上所述,成都地区元素分布的特征是:在浅层样中,即第二地球化学环境发育的主要元素为N、P、S、C、Se、Hg、Sb、Ag、Cu、Pb、Zn、Cd的12个元素。深层样中,即第一地球化学环境中发育的Au、Th、Be、F,铁族元素和SiO₂、Al₂O₃、MgO、Na₂O、Nb、Zr、Y、Tl等。深、浅层样中均发育有Hg、C、S三元素^[6-7]。

1.6 构造的指示元素

通过对本区5组25条主要构造元素丰度的计算,

深层样构造指示元素是Hg、W、Sc, 次为Cu、Pb、Zn、Sn、B、Au、Cd、N, 及Na₂O、Sr、Mn、P; 浅层样主要元素是Hg、W、Au, 次要元素为Cu、Pb、Zn、Sn、B、Sb、Se、S及Na₂O、Sr、Ag; 深、浅层样共有的元素是Hg、W、Au、Cu、Pb、Zn、Sn、B等元素, 特别是Hg和W、Au; 而Sc、Mn、N、P是深层样特有的构造指示元素。但深层样反映构造明显优于浅层样, 因为浅层样受地表环境污染严重所致。

2 农业地球化学特征

2.1 农业地球化学指标的确定

农业地球化学指标是农业有益元素N、P、K₂O、Cu、Zn、Mo、B、Mn、TF_e₂O₃9个元素衬值和的均值。对于农业地质的研究应该是有效态的含量, 但实际上是不允许做大量的有效态的分析, 能否利用元素的总量进行农业地质的地球化学研究, 笔者也做了探索。

(1) 不能超标: 对于农业有益元素含量适宜时是有益的, 如果过量则是有害的, 所以首先要衡量这些元素是否超标, 其标准是利用污泥在农业上的控制指标(表3)。这种判别很重要, 因为9元素的综合指标中如有些个别超标元素过高, 一是可能对于农业生产不利, 二是影响总体评价。经衡量成都第四系厚覆盖地区农业有益元素均没有超标。

(2) 检验指标的有效性: 在与该区相邻的仁寿粮棉区的土壤元素以成都地区深层样的均值为衬值进行了计算, 粮棉产量由最好—好—较好—差的农业指标依次递减为1.43~1.25~1.09~0.78, 指示效果明显。在该区南侧的名山茶产区的水系均值进行了计算, 产茶区为1.04, 而非产茶的相当层位只有0.97。类似的计算还在许多图幅进行, 均得到很好的结果, 故可用此指标进行了判别。

(3) 该指标对于9元素具有代表性: 下面是农业有益元素指标和氮、磷、钾对于9元素进行的相关系数的计算, 显然农业有益元素的指标对于9元素的综

农业	N	P	K ₂ O	Cu	Zn	Mo	B	TF _e ₂ O ₃	Mn	
农 深层样	1.00	0.50	0.46	0.64	0.62	0.74	0.46	0.53	0.60	0.57
业 浅层样	1.00	0.54	0.59	0.62	0.79	0.80	0.35	0.53	0.73	0.29
氮 深层样	0.50	1.00	0.28	0.34	0.91	0.33	- .00	0.35	0.12	0.20
浅层样	0.54	1.00	0.59	0.62	0.79	0.80	0.35	0.53	0.73	0.29
磷 深层样	0.46	0.28	1.00	0.33	0.18	0.31	- .16	0.18	0.01	0.26
浅层样	0.59	0.50	1.00	0.19	0.35	0.41	- .12	0.01	0.31	0.02
钾 深层样	0.64	0.35	0.33	1.00	0.37	0.67	- .00	0.45	0.31	0.31
浅层样	0.62	0.25	0.19	1.00	0.37	0.63	- .13	0.35	0.21	0.04

表 3 国家和天津市污泥元素标准
Table 3 Standards (above standard) of elements in sledges in China and Tianjin Municipality

地区	Cu	B	Mo	Zn	As	Hg	Pb	Cd	Cr	Ni
天津	750	20	10	2500	50	15	1000	12.5	1000	350
国家	500	150	—	1000	75	15	1000	20	1000	200

注: Mo、Hg、Cd单位为10⁻⁹; 其余为10⁻⁶。

合代表性最好。据此, 利用N、P、K₂O、Cu、Zn、Mo、B、Mn、TF_e₂O₃元素衬值和的均值来研究土壤农业地质的研究标准。

2.2 农业指标计算的结果

成都地区深、浅层样的农业有益指标计算有4种情况 (1)中西部的都江堰、郫县、温江为主的四川核心地区, 该区深、浅层样的农业指标均高 (2)中部的成都和新都地区农业指标浅层高, 但深层低区, 显示地表后期人为的农业有益元素补给 (3)东部区, 浅层样品低但深层样品高 (4)红层区深、浅层样均低。

深层样农业有益元素高的发育在两个地区。一是在其农业有益元素的分布与岷江流域区, 及西侧龙门山有益元素的丰富补给有关, 这一带土壤疏松为粉砂质土壤, 农民大量栽培根系深的苗圃、花卉、大蒜等作物; 二是东部的龙泉山顶近平原区的狭长地带, 这一地区基底是红层区, 但深层样农业有益元素十分丰富, 这与一般的红层区农业有益元素贫化特征是不同的。经野外观察, 发现非异常区深层样采样层位是有大量红层砂岩、泥岩转石的残坡积物, 而相邻的异常区是一层紫红色的细粒粉砂质的土壤, 分选性较好, 其中还见有螺蛳和蚌壳等水生动物和泥碳沉积(并有C元素异常), 显然不是一般的风化层而是水体沉积。这些沉积层现分布在成都盆地边缘的龙泉山的山顶, 肯定不会是现代沉积, 故推测是早期的盆地边缘的湖沼沉积物, 后经构造运动而抬升至现在的山顶, 这个地区现在盛产优质水果, 深层样的丰富农业有益元素为果木根系往下吸收营养创造了有利条件, 这样就造成了龙泉、金堂、蒲江等地的优质水果的产区。

综上所述, 浅层样农业有益元素高的地区是成都市农业主要发育区及西部的森林药材发育区; 而深层样农业有益元素高的地区则是水果、苗圃、花卉、大蒜的作物发育区。显示了深、浅层样农业指标均有不同的指示作用。

2.3 pH值的研究

在区域化探中全面系统的进行pH值测定在四川省地矿局尚属首次,许多地区尚不能测量pH值,如果能摸索到其他元素和pH值的关系,对于很多地区pH值的研究是很必要的,而pH值对于农业等方面的研究也是十分必要的。经研究利用 $(MgO+C)/ (Sc+Se)$ 、 $MgO/(MgO+TFe_2O_3+K_2O+Na_2O)$ 和碳酸盐岩元素/铁族元素的比值均可以计算pH值,而且在深、浅层样中均有较好的效果。

3 环境地球化学特征^[5]

3.1 主要城市的污染元素

对在城镇环境污染的研究是十分重要的,主要研究该区27个城市和成都市的土壤及流经城市的河流水系沉积物的元素。在27个城市区的136件浅层样和对应的34件深层样中,获得元素的信息是:浅层样元素衬值 ≥ 2.0 时有Hg; ≥ 1.4 时有Ag; ≥ 1.2 时有Pb、Zn、Cu; ≥ 1.1 时有Sb、Se、 Na_2O 、P、S、Au、Bi、W。

浅层样高的元素有Au、As、Sb、Hg;Ag、Cu、Pb、Zn、Cd、Ba、U、Sn、Li、B、Bi、 SiO_2 、 Na_2O 、N、P、C、S;Y、Sr、Ge、Zr、Rb、pH。

深层样高的元素有Th、W、Be、F、 TFe_2O_3 、Mn、Co、Ni、V、Ti、Cr、 Al_2O_3 、 K_2O 、CaO、MgO、Ce、La、Sc、Se、Tl、Ga、Nb。

城市的主要污染元素是:Hg、Ag、Cu、Pb、Zn、Sb、Se、P、S等。

3.2 成都市的污染元素

成都市是该区最主要的城市,污染也最为严重,其范围包括36件浅层样和对应的9件深层样。浅层样元素的衬值是:当 ≥ 5.0 时有Hg;当 $<5.0 \sim \geq 2.0$ 时有Sb、Ag、Cu、Pb、Zn、S、Cl;当 $<2.0 \sim \geq 1.5$ 时有W、Sn、Bi、P、Se、Sr;当 $<1.5 \sim \geq 1.2$ 时有Au、As、Mo、Ba、Li、Be、Mn、 Na_2O 、C;当 $<1.2 \sim \geq 1.0$ 时有U、Li、F、B、 TFe_2O_3 、Ni、V、 Al_2O_3 、Y、Ce、La、Sc、Ga、Ge、Nb、Rb;当 <1.0 时有Cd、Th、Co、Ti、Cr、 SiO_2 、CaO、MgO、N、Tl、Zr。

浅层样/深层样衬值的比值则表示元素在浅层样中富集的状况。当 ≥ 5.0 时有Hg、N、C、S、Se;当 $<5.0 \sim \geq 2.0$ 时有Ag、Cu、Pb、Zn、P、La;当 $<2.0 \sim \geq 1.3$ 时有Au、Sb、Cd、Mo、Sn、Bi; $<1.3 \sim \geq 1.2$ 时有Ba、Li、 Na_2O 、Ga; $<1.2 \sim \geq 1.0$ 时有As、U、W、Be、B、Co、Ni、V、 Al_2O_3 、 K_2O 、MgO、Sc、Sr、Ge; $<1.0 \sim \geq 0.8$ 时有Th、

F、 TFe_2O_3 、Mn、Ti、Cr、Y、Ce、Ti、Nb; <0.8 时有Zr、Rb。

成都市的主要污染元素为Hg、Ag、Cu、Pb、Zn、Sb、Se、P、S、C、Cl等。

3.3 主要河流的水系污染元素

河流污染则更是直接反映生活和工业等污染的直观表现,成都市府南河污染元素按衬值大小排序为S、P、N、Hg、Zn、CaO、Cd、Pb、Mo、Cu、Cr、Tl及有机质(样品C、Se元素未分析);成都地区最主要的化工污染地青白江污染有As、Pb、Zn、Hg、Cd。成都市府南河下游还有工业B污染。

3.4 污染元素的判定

综上所述,该区主要污染元素为Hg、Ag、Cu、Pb、Zn、N、P、S、C,但As、Cd、Cr、Tl等毒性较大的元素除个别地段外在成都地区总体上并不严重。

依上述9个元素计算环境污染值结果表明,浅层样27个主要城市为1.31,而深层样则为1.09,显然浅层样反应环境污染明显。成都市浅层样的污染值高达2.84,所以环境污染很明显。

3.5 成都市的环境污染状况

计算结果表明,严重污染区是在一环路的范围内的南部和二环路的南东部,污染指数达4.86,以汞、银、铅、铜、锌为主,成都市东部的工厂集中区,污染指数高达4.36。土壤污染指标由高至低的在二环路范围内是北东>南东>北西>南西,总体看成都市一环路>二环路>三环路>南部发展区>东部发展区。

地球化学资料表明成都市往东、往南发展的决策是正确的,除考虑经济、交通、文化等诸多因素外,地球化学背景是有益的。该区污染及人体有毒元素含量低,农业有益元素总体较差,这样既不会占用大量良田,同时又有利于居住,是优良的生态环境地球化学区。其中东部发展区更为优秀。

4 天然气区的土壤地球化学特征^[8]

天然气是成都地区重要的矿产,利用无机元素是否可以研究天然气,是成都地区多目标地球化学调查的重要内容,本次工作进行了探索。研究是以四川省德阳大型的新场天然气田为解剖的重点区,利用1:5万土壤化探无机元素与石油部门的 ΔC 、物上气重烃、酸解烃重烃、荧光异常等有机化探、地震、激电、放射性测量成果和部分钻孔验证见气情况进行了对比,并在成都市多目标地球化学测量和宜宾幅

1:20万水系沉积物测量资料进行验证。最后挑选As、Sb、Hg、Ba、Mn5种元素为主,辅以Cd、Mo、Cu、Pb、Zn、Ni V、P进行天然气的预测。

在成都市范围做了深、浅层样的5元素和13个元素的天然气预测指标异常图,结果在深层样得到了很好的结果,与该区两个石油部门探明的天然气区很吻合,而且还发现许多新区,但浅层样异常图上则明显有城市污染的干扰,指示天然气作用较差。

结论(1)成都地区元素分布的特征是,在浅层样即第二地球化学环境发育的主要元素为N、P、S、C、Se、Hg、Sb、Ag、Cu、Pb、Zn、Cd元素。深层样即第一地球化学环境中发育的是Au、Th、Be、F、铁族元素为SiO₂、Al₂O₃、MgO、Na₂O、Nb、Zr、Y、Ti等元素。深、浅层样中均发育的是Hg、C、S三元素。(2)以深层样Hg、W、Sc和浅层样Hg、W、Au等为主的地区元素衬值和均值计算的构造指标可以判别构造,但深层样的效果远优于浅层样。(3)以农业有益元素N、P、K₂O、Cu、Zn、Mo、B、Mn、TFe₂O₃设计的农业有益元素指标可以判别农业发育情况。浅层样农业有益元素高的地区是成都市农业和森林、药材主要发育区,而深层样农业有益元素高的地区则是水果、苗圃、花卉、大蒜的作物发育区。(4)利用(MgO+C)/(Sc+Se), MgO/(MgO+TFe₂O₃+K₂O+Na₂O)和碳酸盐岩元素/铁族元素的比值可以计算pH值,在深、浅层样中均有较好的效果。(5)成都地区主要污染元素为Hg、Ag、Cu、Pb、Zn、N、P、S、C。浅层样反映环境污染明

显。成都市往东、往南环境污染较轻,农业有益元素含量低,故往东往南发展的决策是正确的。(6)利用深层样的As、Sb、Hg、Ba、Mn为主,辅以Cd、Mo、Cu、Pb、Zn、Ni V、P的综合指标可以预测天然气。

总之,成都市多目标地球化学调查在元素分布、构造、农业、pH值计算、环境污染的研究和天然气预测等均有好的效果,同时也研究了深、浅层样的不同作用。

本文采用了四川省地矿局化探队、区调队、成都岩矿测试中心的工作成果,研究中得到牟绪赞、奚小环教授级高级工程师的指导,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 赵琦. 四川省旅游“五朵金花”的地球化学特征[J]. 岩石与矿物, 2001(3):194~199.
- [2] 赵琦. 川西高原草原地区的金矿表生地球化学特征[J]. 物探与化探. 1999(5):381~387.
- [3] 赵琦. 从元素的区域化探背景看四川西部的成矿特征[J]. 四川地质学报, 1994(3):225~228.
- [4] 赵琦. 川西高原造就了天府之国[J]. 四川地质学报. 2001(2):116~127.
- [5] 赵琦, 朱礼学, 邓泽锦. 成都市主要河流污染调查[J]. 四川地质学报, 2001(3):163~167.
- [6] 赵琦, 袁佩新. TM图像在若尔盖下包座低缓化探金异常筛选和评价中的效果[J]. 四川地质科技情报. 1992(2):28~31.
- [7] 赵琦. 地质化探遥感相结合进行系统筛选区化异常[J]. 湖北地质科技信息. 1993(2):9~12.
- [8] 赵琦, 罗正春, 刘应平. 土壤化探元素预测天然气的探索[J]. 物探与化探计算技术. 2001(3):250~254.

Multi-target geochemical survey and results of double-layer sampling in Chengdu City

ZHAO Qi

(Sichuan Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Chengdu 610081, Sichuan, China)

Abstract: Through multi-target geochemical survey advances have been made in the study of the background values and distribution characteristics of the elements, study of structure, agriculture and environmental pollution, prediction of natural gas and calculation of the pH values. It is judged that the deep-layer samples play a special role in the study of the distribution of deep-seated elements, structure, development of root-deep crops and prediction of natural gas and that the shallow-layer samples plays a special role in the study of the distribution of shallow-seated elements, agricultural geology and environmental pollution. The multi-target geochemical survey and double-layer sampling can be popularized.

Key words: multi-target geochemical survey; element background; structure geochemistry; agricultural geology; pH study; environmental pollution; prediction of natural gas