

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

长江中下游地区地下水中化学元素的背景特征及形成

曾昭华

(江西地质矿产局环境地质研究所, 南昌)



本文论证了长江中下游地区地下水中钾、钠、钙、镁、硅、铁、锰、铬、镍、钒、钴、钛、钼、铜、铅、锌、砷、汞、镉、铍、锂、锶、硼、氟、氯、溴、碘的背景特征、形成及分布规律, 探讨其与地下水的含水介质成分, 上覆岩土性质、氧化还原环境、地下水的径流条件和矿化度以及地下水的酸碱度之间的关系。

关键词 长江中下游 地下水 化学元素 背景特征

为了更好地论证长江中下游地区地下水化学元素背景特征及其形成, 将该区划分为江汉平原东部、鄱阳湖和长江三角洲南部三个区。江汉平原东部区(I)划分为5个单元, I_1 和 I_2 单元为平原区孔隙承压水, I_3 单元为丘陵区岩溶裂隙水, I_4 单元为岗地、丘陵区裂隙水, I_5 单元为平原区孔隙裂隙水。鄱阳湖区(II)划分为7个单元, II_1 和 II_2 单元为平原区孔隙承压水, II_3 单元为山地、丘陵区溶洞裂隙水, II_4 单元为岗地区溶隙裂隙水, II_5, II_6, II_7 单元为山地、丘陵区裂隙水。长江三角洲南部区(III)划分为5个单元。 $III_{1-1}, III_{2-1}, III_3$ 单元为平原区孔隙承压淡水, III_{1-2} 和 III_{2-2} 单元为平原区孔隙承压咸水。

长江中下游地区地下水化学元素背景特征的形成, 主要决定于元素的物理化学性质和水文地球化学环境。现根据地下水化学元素的水文地球化学特征, 分造岩元素、亲铁元素、亲铜元素、稀有元素和卤素元素进行论述。

1 造岩元素

造岩元素钾、钠、钙、镁、硅是岩土的主要成分, 在表生带中, 除硅外, 均具有较强的迁移能力, 广泛分布于本区地下水中, 其含量值及分布见表1。

这些元素在各个区和不同的单元地下水中的含量差异很大, 主要与含水介质及其上覆岩土性质、地下水径流条件^[1]、离子交换吸附、海水入侵所形成的咸淡水的混合作用有关。基岩分布区, 钾、钠、 SiO_2 主要是岩石中硅酸盐矿物经风化溶滤作用释放出来的, 其含量与含水介质岩性相关(表2)。钙、镁主要来自岩石中的方解石和白云石。它们的溶滤迁移与溶于水中的 CO_2 密切相关。降水中 CO_2 和介质中含的有机质分解产生的 CO_2 溶于水后, 与方解石和白云

注: 本文系国家“七五”科技攻关项目成果, 参加该项研究的主要人员还有丁汉文、多超美、周鸿锦、黎宏印、缪锦洋、迂广弟、茅贵文、朱川、孙素贞、沈德锟和高世轩。实验数据由江西、江苏、湖北、浙江、上海等地质矿产局中心实验室测定。

本文1995年1月收到, 1996年3月改回, 周健编辑。

表 1 长江中下游地区地下水化学元素含量
Table 1 Statistical contents of rock-forming elements in groundwater from the middle and lower reaches of the Yangtze River

地区	江汉平原东部区(I)										鄱阳湖区(II)										长江三角洲南部区(III)									
	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I	II ₁	II ₂	II ₃	II ₄	II ₅	II ₆	II ₇	II	III ₁₋₁	III ₁₋₂	III ₂₋₁	III ₂₋₂	III ₃	III										
样品数	35	21	14	6	8	84	20	39	22	15	18	20	15	149	26	17	44	13	51	151										
K	1.48	1.06	0.70	0.69	1.25	1.12	0.94	1.04	0.70	0.68	0.50	0.50	0.84	0.71	1.47	6.69	1.86	10.20	1.87	2.05										
Na	16.28	32.58	8.33	1.97	19.73	15.24	12.68	11.26	4.96	7.53	2.92	3.93	5.51	6.34	65.71	416.87	99.30	838.40	136.00	454.35										
Ca	121.20	46.03	84.14	72.41	46.09	87.14	9.29	10.79	86.28	11.36	8.72	6.38	3.96	11.31	66.74	365.30	52.27	476.05	42.00	82.21										
Mg	26.70	14.99	14.54	4.74	10.99	16.09	3.97	3.10	5.45	2.38	1.32	1.51	1.21	3.24	17.63	106.51	15.98	164.82	15.80	30.56										
SiO ₂							19.50	16.46	8.00	10.99	7.48	11.34	15.10	10.48																
Fe	3.33	0.71	0.05	0.05	0.18	0.65	0.20	0.18	0.06	0.12	0.07	0.11	0.10	0.11	0.66	8.00	0.58	7.09	0.53	0.71										
Mn	0.405	0.079	0.006	0.002	0.021	0.15	0.103	0.015	0.002	0.030	0.004	0.010	0.011	0.08	0.13	0.55	0.09	0.44	0.07	0.13										
Cr	0.19	0.25	0.49	0.41	0.19	0.23	0.84	1.46	1.76	0.81	1.31	0.92	0.59	1.12	0.21	0.28	0.25	0.21	0.22	0.23										
Ni	0.23	0.40	0.33	0.18	0.26	0.26	0.52	0.45	0.13	0.81	0.46	0.52	0.25	0.46	0.09	0.28	0.11	0.08	0.09	0.10										
V							0.09	0.14	0.84	0.25	0.18	0.11	0.14	0.21																
Co							0.69	0.18	0.01	0.30	0.04	0.13	0.09	0.23																
Ti							0.96	0.96	0.84	1.71	0.96	0.96	1.25	1.16																
Mo							0.06	0.07	0.16	0.08	0.06	0.06	0.04	0.07																
Cu	0.2518	0.2641	0.6224	0.5850	0.3100	0.2908	0.6220	0.2880	0.2530	0.7590	0.5900	0.5860	0.4570	0.5170	0.4000	0.5502	0.4470	0.2373	0.3100	0.4140										
Pb	0.290	0.311	0.336	0.275	0.350	0.293	0.315	0.269	0.497	0.771	0.794	0.811	0.644	0.5940	0.333	0.341	0.217	0.194	0.228	0.2020										
Zn	1.026	1.417	1.452	0.720	1.480	1.138	9.919	4.103	0.542	3.909	2.064	2.633	3.395	2.866	7.490	4.171	8.130	3.090	8.330	11.190										
As	19.475	1.285	0.655	1.155	1.120	2.587	0.851	0.675	0.697	0.650	0.548	0.759	0.791	0.677	11.500	21.220	14.300	2.685	5.145	9.939										

续表 1

地区	江汉平原东部区(I)										鄱阳湖区(II)							长江三角洲南部区(III)				
	I ₁	I ₂	I ₃	I ₄	I ₅	I	II ₁	II ₂	II ₃	II ₄	II ₅	II ₆	II ₇	II	III ₁₋₁	III ₁₋₂	III ₂₋₁	III ₂₋₂	III ₃	III		
Hg	0.0093	0.0150	0.0131	0.0135	0.0090	0.0105	0.01440	0.0080	0.0103	0.0079	0.0091	0.0102	0.0095	0.0096	0.0140	0.0082	0.0190	0.0067	0.0093	0.0110		
Cd	0.013	0.008	0.032	0.009	0.009	0.013	0.157	0.031	0.036	0.028	0.055	0.039	0.039	0.041	0.003	0.023	0.007	0.009	0.007	0.008		
Be							0.14	0.17	0.04	0.18	0.15	0.05	0.15	0.13								
Li							17.86	14.83	73.18	11.35	10.00	7.50	10.71	12.90								
Sr							32.14	28.83	194.38	28.27	15.38	15.17	12.24	29.58								
B							6.28	7.39	6.11	8.91	10.45	6.46	6.35	7.30								
F	0.14	0.28	0.18	0.06	0.18	0.17	0.10	0.07	0.13	0.06	0.07	0.03	0.07	0.07								
Cl	4.35	6.35	4.10	2.07	13.05	4.36	3.96	6.25	1.21	7.07	1.56	0.97	1.43	2.89	39.20	1154.30	22.80	2332.70	292.94	292.94		
Br							31.95	15.71	2.27	5.84	3.44	2.18	6.07	6.37								
I	20.10	22.50	4.40	2.50	10.50	12.00	14.61	2.33	1.16	2.43	0.73	0.91	1.02	3.75								
pH	7.30	7.04	7.40	7.50	7.30	7.30	6.08	6.21	7.52	6.11	6.47	6.14	6.19	6.36	7.39	7.48	7.48	7.48	7.41	7.43		
氧化还原环境	弱还原	弱还原	氧化	氧化	过渡		弱还原	过渡	氧化	过渡	氧化	氧化	氧化		还原	还原	还原	还原	还原			

注: K, Na, Ca, Mg, SiO₂, Fe, Mn 含量单位为 mg/L, 其它为 μg/L。测试方法: Cu, Pb, Zn, Cr, Cd, Ni 采用石墨炉原子吸收法, As 采用原子荧光法, Hg 采用原子吸收法, K, Na, Mn, Sr, V, Li 采用火焰原子吸收法, Mo, Co, Be 采用无焰原子吸收法, Cl, I, Br 采用离子色谱法, B, Ti 采用比色法, Si 采用硅钼蓝比色法, Ca, Mg 采用络合滴定法, F 采用离子选择性电极。

石反应,从而使地下水中 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量增高。由于 Ca^{2+} 的含量较高,成为地下水的主要阳离子,因此, Ca^{2+} 含量与矿化度呈明显的正相关,并为幂函数关系。江汉平原东部和鄱阳湖的平原区,钾、钠、钙、镁的形成,除溶滤作用外,主要是阳离子的交换吸附起主导作用。江汉平原东部区,表土层含有大量的方解石、白云石和较丰富的有机质,这些有机质分解产生较多的 CO_2 溶于水后,与介质中的方解石、白云石反应,致使地下水中的 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 含量较高,尤其是 I_1 单元 Ca^{2+} 含量高达 121.00mg/L。而翻阳湖区,因含水介质含有粘土矿物,阳离子交换吸附作用极为明显。当地下水与介质中的粘土矿物接触时,水中的 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 被吸附并交换出等当量的 Na^+ 进入地下水中,从而使水中的 Na^+ 含量增高, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 减少,因此 I_1 和 I_2 单元地下水中的 Na^+ 含量高于 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 的含量。长江三角洲南部区, K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 的形成,除了与含水介质的沉积物有关外,还与咸淡水的混合作用密切相关,尤其 III_{1-2} 和 III_{2-2} 单元尤为明显。由于高钾、钠、钙、镁含量的海水 ($\text{K}^+ = 380\text{mg/L}$, $\text{Na}^+ = 10560\text{mg/L}$, $\text{Ca}^{2+} = 400\text{mg/L}$, $\text{Mg} = 1272\text{mg/L}$) 入侵,咸淡水的混合作用,致使淡水区地下水中的 K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} 含量普遍较高。地下水的 SiO_2 主要是有机质分解产生大量的 CO_2 , 使含水介质的铝硅酸盐溶解度增大,溶于地下水的 SiO_2 含量增高。鄱阳湖的 I_1 单元因富含有机质和地处还原环境,故 SiO_2 含量较高。

表2 长江中下游地区岩石中氧化物含量统计表(%)

Table 2 Statistics of oxide contents in rocks from the middle and lower reaches of the Yangtze River

岩石类型		地区(代号)	K_2O	NaO	CaO	MgO	SiO_2
第四系松散堆积物	粘性土	江汉平原东部(I)	2.71	1.07	2.47	2.30	
		翻阳湖(II)	1.72	0.36	0.80	0.87	63.84
	砂性土	江汉平原东部(I)	2.30	1.53	2.86	2.02	
		鄱阳湖(II)	1.63	0.26	0.20	0.50	74.02
碳酸盐岩	江汉平原东部(I)	0.19	0.51	35.00	14.67		
	鄱阳湖(II)	0.68	0.17	31.95	10.42	2.31	
碎屑岩	鄱阳湖(II)			0.22	0.87	52.58	
变质岩	鄱阳湖(II)		1.41	0.46	1.12	60.00	
岩浆岩	鄱阳湖(II)	3.06	3.32	3.40	1.94	61.99	

2 亲铁元素

亲铁元素铁、锰、铬、镍、钒、钴、钛、钼的含量值和分布见表1。

这些元素的分布规律除了与含水介质及其上覆岩土性质有关(表3)外,还与酸碱度和氧化还原环境及地下水径流条件有关。铁、锰、钴易在还原环境中形成^①。江汉平原东部区的 I_1 单元,由于含水介质及其上覆土层的铁、锰含量高,地处弱还原环境,故铁、锰含量较高,集中值达 3.33mg/L 和 0.41mg/L,分别居全区之首。地处氧化环境的 I_3 和 I_4 单元中铁、锰含量低。

① 曾昭华. 长江中下游地区地下水铁锰元素的形成及其分布规律. 长江流域资源与环境, 1994, 3(4): 326—329.

鄱阳湖区的Ⅰ₁单元因地处弱还原环境,铁、锰、钴含量居该区之首,而地处氧化环境的Ⅰ₃单元,又因地下水为弱碱性,故铁、锰、钴含量最低。长江三角洲南部区,地下水处于还原环境,有机质成分,腐植酸与厌氧菌的活动,致使高价铁、锰成为有机物的氧化受氢体,低价的Fe²⁺和Mn²⁺进入地下水中。此外,由于地下水的Cl⁻含量较高,尤其Ⅲ₁₋₂和Ⅲ₂₋₂单元Cl⁻含量高达1154.30mg/L和2332.7mg/L,有利于铁、锰的迁移富集,致使铁、锰含量分别高达8.00mg/L,7.09mg/L和0.55mg/L,0.44mg/L。铬、钒、钼元素易在碱性条件和氧化环境中形成。氧化条件下,Cr³⁺,V³⁺,Mo⁴⁺氧化成Cr⁶⁺,V⁵⁺,Mo⁶⁺,从而形成大量易溶于水的(Cr₂O₇)²⁻, (VO₄)³⁻, (MoO₄)²⁻络阴离子,其溶解度随pH值的增大而增强,故鄱阳湖区的Ⅰ₃单元地下水的铬、钒、钼含量居全区之首。岩石中的镍硫化物,在氧化作用下,形成溶解度较大的硫酸盐并游离出Ni²⁺。它的含量随pH值的增大而减小。故地下水中的镍含量Ⅱ>Ⅰ>Ⅲ。钛是比较稳定的元素,一般难以形成可溶性化合物,因此,钛虽然在地壳中的丰度(5700×10⁻⁶)和岩土中含量较高,但由于表生带的岩石遭受风化作用后,钛一般呈氧化物(TiO₂·nH₂O)沉淀,故地下水中钛离子的含量很低并随岩土中钛含量的增高而增高,随pH值的增大而减小,故鄱阳湖区Ⅰ₃单元钛的集中值为该区最小值。

表3 长江中下游地区岩石中亲铁元素含量统计表(×10⁻⁶)
Table 3 Statistics of siderophile element contents in rocks from the
middle and lower reaches of the Yangtze River (×10⁻⁶)

岩石类型	地区代号	Fe	Mn	Cr	Ni	V	Co	Ti	Mo
第四系松散堆积物	Ⅰ	597.00	807.00	85.00	45.63				
	Ⅱ	408.80	464.50	68.10	25.81	98.43	11.56	4952	0.86
	Ⅲ	2.55	4.98	55.50	36.00				
碳酸盐岩	Ⅱ	0.36		56.08	25.51	96.61	12.02	3804	0.96
碎屑岩	Ⅱ	3.13		74.65	31.40	94.90	14.50	5065	0.58
变质岩	Ⅱ	7.00	0.56	41.65	28.80	115.65	20.05	6229	0.75
岩浆岩	Ⅱ	1.74	0.05	53.63	37.69	109.71	15.63	5078	0.73

注:Ⅲ区的Fe,Mn含量单位为%,Ⅱ区岩石的Fe,Mn含量为氧化物含量,单位为%。

3 亲铜元素

亲铜元素铜、铅、锌、砷、汞、镉的含量和分布见表1。

这些元素的分布规律也与含水介质、上覆岩土成分(表4)、酸碱度、氧化还原环境及地下水径流条件有关。铜元素的形成和迁移富集与酸碱度有密切关系,如江汉平原东部区和鄱阳湖区,虽然水文地球化学要素多数相似,但由于二个区地下水的pH值差异较大,致使地下水中铜离子含量差异也较大。在中性和碱性、弱碱性条件下,尤其上覆地层为粘性土层时,铜离子不易富集,因为粘土层对铜有吸附性。铅元素的形成和迁移富集,虽与岩性有关,但起主导作用的是地下水的酸碱度^[2]。酸碱度是影响地下水中铅离子浓度的最重要因素,一般在中性和弱碱性的水中,Pb²⁺的浓度为氢氧化铅所限制,即水中含铅量取决于Pb(OH)₂的活度积。在酸性和弱酸性水中,Pb²⁺的浓度受硫酸铅所限制,即水中含铅量取决于PbSO₄的活度积。由此可知,在酸性、弱酸性水中含铅量必然高于碱性,弱碱性水中的。在平原区,由于地处还原环境,不论pH

值的高低均能形成硫化物沉淀。此外,土层和铁锰的氢氧化物对铅能优先吸收,故本区地下水中的铅含量较低。锌元素的形成和迁移富集,除与含水介质的岩性有关外,起主导作用的是酸碱度。在酸性、弱酸性,尤其在含水介质中含有较丰富的有机质或氯离子含量较高时,地下水的锌易形成较稳定的络合物和被吸附性减弱。故鄱阳湖区的Ⅱ₁单元和长江三角洲南部区的地下水中锌含量普遍较高,尤其是鄱阳湖区的Ⅱ₁单元锌含量全区最高。砷元素的迁移富集,除了与含水介质及其上覆土层性质,尤其是有机物、铁锰物质存在有关外,最主要取决于氧化还原环境和酸碱度。氧化还原作用对砷的迁移占有重要地位,它制约着砷在环境中存在的形式和迁移能力。江汉平原东部区的Ⅰ₁和Ⅰ₂单元,鄱阳湖区的Ⅱ₁单元和长江三角洲南部区的各单元均处于还原环境。这种环境,不仅使土层中的砷酸还原为亚砷酸,而且还使砷酸铁及以其它形式与砷酸盐相结合的高价铁还原成比较容易溶解的低价铁形式。随着电位的降低,还原性的增强,溶解性铁的含量也增高,地下水的砷含量也增高。此外,土层酸碱性对砷的吸附起着重要作用,随着pH值的增高,土壤胶体上正电荷减少,对砷的吸附量降低,相应地可溶性含量增高,致使地下水中砷的含量也增高。由于这些原因,使江汉平原东部区的Ⅰ₁单元和长江三角洲南部区砷含量较高。汞元素的形成主要是含汞矿物岩土风化溶滤作用的结果。由于岩石中含汞量甚微和汞的化合物溶解度很小以及周围介质中的许多物质对汞都有很高的吸附能力。因此,本区地下水中汞含量都很低。镉元素的形成和迁移富集与有机质的存在和酸碱度有关。在酸性介质中和氧化条件下,镉多呈稳定的离子状态而有利于迁移。在碱性环境中趋向沉淀。与锌类似,有机质的存在极利于镉的富集,因此,鄱阳湖区地下水中镉离子比江汉平原东部区和长江三角洲南部区都要高,尤其是鄱阳湖区的Ⅱ₁单元地下水中镉离子含量为全区最高。

表4 长江中下游地区岩石中亲铜元素含量统计表($\times 10^{-6}$)Table 4 Statistics of chalcophile element contents in rocks from the middle and lower reaches of the Yangtze River($\times 10^{-6}$)

岩石类型	地区	Cu	Pb	Zn	As	Hg	Cd	
第四系松散堆积物	I	50.50	28.25	88.5	13.7	0.071	0.22	
	II	25.39	44.77	71.09	12.56	0.130		
	III	20.50	23.00	52.00	11.50	0.042	1.40	
碳酸盐岩	II	22.52	31.15	58.59	11.85	0.044		
红色碎屑岩			43.73	50.58	7.58	0.059		
碎屑岩			40.50	62.95	8.18	0.118		
变质岩			34.44	42.77	79.15	8.47	0.095	
岩浆岩			42.62	41.58	77.97	10.68	0.042	

4 稀有元素

稀有元素铍、锂、锶、硼的含量值和分布见表1。

这些元素的分布规律与含水介质的岩性及地下水的酸碱度有关。含铍的造岩矿物在强烈风化作用与淋溶作用下,释放出铍到地下水中,并以络合物形式迁移。由于铍离子半径小,有较强的主极化力,与氧结合力强,且具有较高的离子电位及电负性,因此,Be²⁺表面有很强的离子场能量,能被分散相质点吸附而沉淀,尤其是随着地下水碱性的增强,络合物易于分解,出现

Be²⁺与其它元素化合成难溶的化合物而沉淀,使地下水中 Be²⁺含量减少,因此,本区地下水中 Be²⁺含量随 pH 值的增大而减少,呈指数函数关系。由于锂与镁的结晶化学性质相似,能在自然界镁铁硅酸盐矿物中广泛产生类质同象置换,故风化壳土壤中尤其是粘土质矿物中含锂较高。在风化作用下,原岩发生分解,一部分锂从矿物晶格中析出,与卤族元素化合成可溶盐在水中迁移。锂含量随岩土中的锂含量的增高,pH 值的增大而增高,呈幂函数关系^[3]。锶在地下水中的含量与含水介质的锶含量及地下水中钙含量有密切关系,尤其在基岩区的地下水中更为明显,即随地下水中钙含量的增高而增高,呈幂函数关系,鄱阳湖区的Ⅱ₃单元锶的集中值高达 194.38μg/L,为该区的最高含量(表 5)。含硼的造岩矿物在风化分解作用下,通过溶滤释放出大量的硼离子进入地下水中。它在地下水中的含量和岩土中硼的含量与酸碱度密切相关(表 6)。

表 5 鄱阳湖区地下水中锶与岩土中钙含量统计表

Table 5 Statistics of Sr and Ca contents in groundwater, rocks and soils from the Poyang Lake area

含量 地区 类别	Ⅱ ₁	Ⅱ ₂	Ⅱ ₃	Ⅱ ₄	Ⅱ ₅	Ⅱ ₆	Ⅱ ₇
岩石中 Ca(%)			22.82	2.50	0.16	0.03	1.01
土壤中 CaO(%)	0.44	0.44	1.67	0.14	0.41	0.26	0.12
地下水中 Ca(mg/L)	9.29	10.79	86.28	11.35	8.72	6.38	3.96
地下水中 Sr(μg/L)	32.14	28.83	194.38	28.27	15.38	15.17	12.24

表 6 鄱阳湖区地下水和岩石中硼含量与 pH 值统计表

Table 6 B content and pH value in groundwater and rocks from the Poyang Lake area

含量 岩石类型 类别	碳酸盐岩	红色碎屑岩	碎屑岩	变质岩	岩浆岩
岩石(×10 ⁻⁶)	70.13	77.93	86.40	57.17	56.06
地下水(μg/L)	6.11	8.91	10.45	6.46	6.35
地下水的 pH 值	7.52	6.11	6.47	6.14	6.19

5 卤素元素

卤素元素氟、氯、溴、碘的含量值和分布见表 1。

地下水氟的形成及其含量变化主要受含水介质及其上覆土层岩性控制(表 7)。岩土中的氟矿物的风化淋溶作用,使大量的氟释放进入地下水。由于江汉平原东部区粘土层氟含量(553×10⁻⁶—984×10⁻⁶)高于鄱阳湖区,故前者地下水氟含量普遍高于后者。氯的形成及其含量变化,除与含水介质成分有关外,主要是与矿化度密切相关,长江三角洲南部区尤为明显。该区由于含水介质的沉积环境和海水的入侵,咸淡水的混合作用,使地下水的矿化度显著增高,Cl⁻的含量高于其它地区。Br⁻与 Cl⁻的离子半径相近,易产生类质同象置换,故 Br⁻与 Cl⁻关系密切,呈明显的幂函数关系。它的形成与含水介质的有机质、Cl⁻含量及所处氧化还原环境密切相关,其含量随有机质和 Cl⁻含量的增高、还原性的增强而增高。因此,鄱阳湖区的Ⅱ₁单元溴含量较

高。碘的形成及其含量变化,除与含水介质成分有关外,主要与有机质及所处的氧化还原环境密切相关。有机质吸附碘的能力较强,因此,含有有机质的介质中,地下水的碘含量较高。江汉平原东部区的 I₁ 和 I₂ 单元及鄱阳湖区的 II₁ 单元因含水介质中含有较多的有机质和地处还原环境,碘含量较高。

表7 鄱阳湖区地下水和岩石中氟含量统计表

Table 7 Statistics of F content in groundwater and rocks from the Poyang Lake area

含量 \ 岩石类型	冲湖积层 上部粘土	冲积层 上部粘土	碳酸盐岩	红色碎屑岩	碎屑岩	变质岩	岩浆岩
岩石($\times 10^{-6}$)	441.30	418.75	473.00	365.00	423.00	403.70	428.70
地下水(mg/L)	0.10	0.072	0.13	0.06	0.07	0.03	0.07

参 考 文 献

- 1 曾昭华等. 江西省鄱阳湖地区地下水环境背景形成的控制因素. 水文地质工程地质, 1990, 3: 46—48.
- 2 曾昭华. 长江中下游地区地下水亲铜元素的形成及其分布规律. 水文地质工程地质, 1994, 6: 43—47.
- 3 曾昭华等. 江西省鄱阳湖区地下水环境背景的形成. 水文地质工程地质, 1990, 4: 36—39.

**THE BACKGROUND FEATURES AND FORMATION OF CHEMICAL
ELEMENTS OF GROUNDWATER IN THE AREA OF THE MIDDLE
AND LOWER REACHES OF THE YANGTZE RIVER**

Zeng Zhaohua

(Institute of Environmental Geology, Jiangxi Bureau of Geology and Mineral Resources, Nanchang, Jiangxi)

Abstract

This paper deals with the background features, formation and distribution of chemical elements K, Na, Ca, Mg, Si, Fe, Mn, Cr, Ni, V, Co, Ti, Mo, Cu, Pb, Zn, As, Hg, Cd, Be, Li, Sr, B, F, Cl, Br and I in groundwater in the area of the middle and lower reaches of the Yangtze River and the relations of the composition of the hydrous media in groundwater, quality of the overlying rock and soil, environment of oxidation and reduction, run-off conditions and salinity of groundwater and pH values of groundwater.

Key words: lower-middle reaches of the Yangtze River, groundwater, chemical element, background feature

作 者 简 介

曾昭华, 1934年生。1959年毕业于长春地质学院水文地质工程地质专业, 从事水文地质、工程地质、环境地质、医学地质的研究, 任江西省地质矿产局环境地质研究所总工程师、教授级高级工程师。通讯处: 江西省南昌市罗家集江西地质矿产局环境地质研究所, 邮政编码: 330012。