

江西省鄱阳湖地区地下水中 SiO_2 的分布特征及开发评价*

曾昭华

(江西地矿厅环境地质研究所·南昌·330012)

论证了江西省鄱阳湖地区的地质环境背景和地下水中 SiO_2 的背景与分布特征及其与地下水的含水介质成分、地下水的 CO_2 含量、地下水的酸碱度、氧化还原环境、有机物质之间的关系。结果表明,地下水的 SiO_2 含量与含水介质中的 SiO_2 和有机质的含量,氧化还原环境有关,与地下水的 pH 值和 CO_2 含量相关性非常显著,相关系数分别为 $-0.28(p < 0.001)$, $0.29(p < 0.001)$ 。偏硅酸矿泉水资源丰富,有较好的开发利用价值。

关键词 鄱阳湖地区, 地下水, 二氧化硅分布, 开发评价



应用地质

1 前言

硅是构成人体的一种必需元素,主要分布于人体的皮肤及结缔组织中。经医学研究,偏硅酸有软化血管,增强管壁弹性的功能,对心脏病、高血压、动脉硬化等疾病均有医疗作用,常年饮用可健胃强身,延年益寿^[1]。如湖南平江、湖北宣城等饮用硅酸水的人群有长寿现象^[2]。正因此,治疗胃酸分泌过多的药物,就有以 SiO_2 为主要成分的三硅酸镁,它具有保护溃疡面特殊效果。但硅的摄入量大于 0.5 mg/d ,会损害肾脏^[3],影响人体健康。

中华人民共和国国家标准(GB8537—87)规定^[4],地下水的偏硅酸(H_2SiO_3)含量达到 25 mg/l 以上或地下水的 SiO_2 含量达到 19.3 mg/l 以上,可命名为天然矿泉水,如符合饮用水标准者,可作为饮用天然矿泉水开发利用,能取得较好的经济效益和社会效益。因此,研究地下水中 SiO_2 的背景与分布特征及其形成,具有极其重要的现实意义。

江西省鄱阳湖是我国最大的淡水湖泊,位于江西省北部,长江中下游南岸,现今湖水面积 3900 km^2 (湖水位高 21.68 m)。

研究范围包括鄱阳湖周围的南昌市、九江市、瑞昌市、乐平市以及九江、德安、永修、安义、新建、南昌、进贤、余干、万年、波阳、都昌、星子、湖口和彭泽等 18 个市(县),面积 26130 km^2 。

2 研究材料与方法

2.1 材料

鄱阳湖地区地下水环境背景值研究测试了

SiO_2 、Cu、Pb、Zn、Ni、Cd、Hg、As、 CO_2 、pH 等 44 项化学成分(元素和组分)。本文仅利用了地下水普查样品 146 个和动态监测样品 10 个,合计 156 个, SiO_2 、 CO_2 、pH 值的测试数据 1344 个。

2.2 方法

2.2.1 地下水环境单元的划分

为了更好地论证鄱阳湖地区地下水中 SiO_2 的形成与分布特征,根据地下水的含水介质岩性和成因以及地下水的赋存条件,将本区划分为 7 个地下水环境单元: I—冲湖积层孔隙承压水环境单元; II—冲积层孔隙承压水环境单元; III—碳酸盐岩岩溶裂隙水环境单元; IV—红色碎屑岩裂隙水环境单元; V—碎屑岩裂隙水环境单元; VI—变质岩裂隙水环境单元; VII—岩浆岩裂隙水环境单元(图 1)。

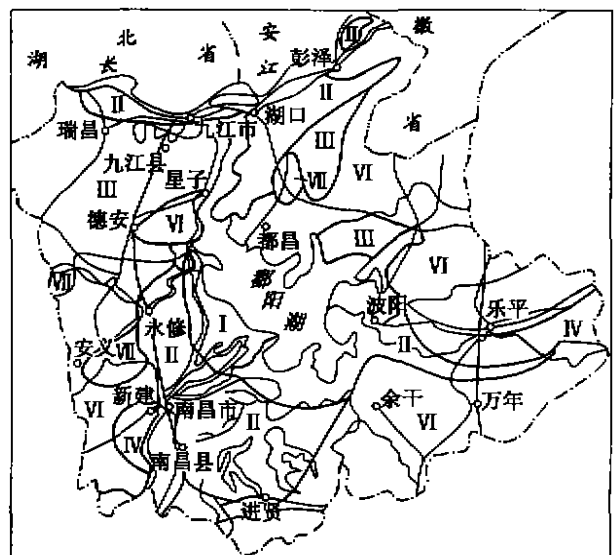


图1 鄱阳湖地区地下水环境单元分布图

本文 1997 年 10 月收到,12 月改回,王廷忠编辑。

* 本文系国家科技攻关专题《江西省鄱阳湖地区地下水环境背景值研究》的部分研究成果。

2.2.2 采样点的选择

根据国家地下水环境背景值调研要求,选择了含水岩组常年有水、未被人为污染或污染程度极其轻微并具有代表性、均匀性和控制性的地下水水源采样点 146 个。

2.2.3 采样

采样前,水源经抽水处理,水样品在 48 h 内,用专车送至实验室分析。

2.2.4 分析方法

采用硅钼兰比色法。

2.2.5 数据处理与计算

数据都进行了可利用程度、分布类型检验,然后确定与计算背景特征值。

3 地质环境背景

3.1 地貌特征

鄱阳湖区四周群山(丘)环绕,构成一个向北开口的箕状盆地的地貌格局。由于新构造运动的制约,湖区西高东低,北部高于南部的地貌景观,全区以庐山汉阳峰最高,海拔标高达 1474.4 m,鞋山附近(湖口南面)最低,海拔标高 -1 m,湖区地貌类型有中山、中低山、低山、丘陵、岗地、平原。

3.2 地层

区内地层发育较全,除泥盆系下统,中侏罗系和上第三系缺失外,其余各系地层均有出露,在省内具有较好的代表性。按沉积建造特征,大体可分北区(修水—都昌以北)、南区(西山—瑞洪—波阳以南)和中区(南北两区之间)3 个沉积区。北区:地层出露较全以浅海相含煤砂、页岩及灰岩、白云质灰岩、泥质灰岩为主;中区:周边中低山、丘陵地段,以前震旦纪的板岩、千枚状板岩、千枚岩、片岩、变质碎屑岩为主,在湖盆一带,则以中、新生代巨厚的陆相红色泥岩、页岩、砂岩、砾岩和第四纪松散堆积物为主;南

区:除出露有晚古生代和中、新生代地层外,前震旦纪板岩、千枚状板岩、千枚岩、片岩、变质碎屑岩仍分布广泛,晚古生代以海陆交互相的含煤砂、页岩和灰岩、白云质灰岩为主,中、新生代以陆相泥岩、页岩、砂岩、砾岩为主,局部夹有火山碎屑岩或火山熔岩。

3.3 岩浆岩

由于受漫长而复杂的区域性地质构造影响,除加里东期外,其它各期次岩浆都有分布,岩性主要为酸性富斜花岗岩、花岗二长岩、辉长辉绿岩。

3.4 地质构造

区内经历多次复杂的构造运动,尤其晚近的燕山—喜马拉雅期构造旋回,导致了区内强烈的断块升降运动。构造强度具有自北向南,从西向东由强变弱以及湖盆中央沉降,周边上升的特征。

第四纪以来的断裂构造,绝大部分属继承性活动断裂,新生断裂不发育。按空间展布特征,大体可分北东、北北东向、近东西向和北西向 4 组断裂。

3.5 地下水类型

根据地下水的赋存条件、水理性质及水力特征,区内地下水类型有松散岩类孔隙水、碳酸盐岩岩溶裂隙水、基岩裂隙水和红色碎屑岩溶裂隙水 4 类。前 2 类水量丰富,是区内供水的主要水源。

4 水文地球化学环境

水文地球化学环境,是指影响水文地球化学作用的各种客观条件,主要包括气候、水文、地质、地貌及酸碱条件、氧化还原环境等。

氧化还原环境,是直接影响区内水文地球化学作用的重要条件,因此,根据调研资料,结合湖区的实际情况,除注重气候、地貌、迳流条件等因素外,主要根据地下水中 D_0 、 Mn^{2+} 、 $Fe^{3+} + Fe^{2+}$ 、 Fe^{3+}/Fe^{2+} 、 Co^{+} 和有机质等含量的差异性,对各环境单元水文地球化学环境进行了划分(表 1)。

表 1 各环境单元划分氧化还原环境的主要项目参数

项 目	环 境 单 元						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
D_0	2.59	4.01	6.08	4.07	6.32	4.96	5.46
Mn^{2+}	0.103	0.015	0.002	0.030	0.004	0.010	0.011
$Fe^{3+} + Fe^{2+}$	0.196	0.178	0.060	0.120	0.066	0.108	0.099
Fe^{3+}/Fe^{2+}	0.74	1.80	3.80	2.03	3.59	3.09	3.16
Co^{+}	0.69	0.18	0.01	0.30	0.04	0.13	0.09
有机质赋存状况	普遍夹淤泥层	局部夹淤泥	无	无	无	无	无
主要地貌形态	平 原	平原为主	山地丘陵	岗 地	山地丘陵	山地丘陵	山地丘陵
环 境	还原环境	过渡环境	氧化环境	过渡环境	氧化环境	氧化环境	氧化环境

5 结果

5.1 SiO_2 的背景特征及其分布

鄱阳湖地区地下水中 SiO_2 的背景特征及其分布,主要决定于水文地球化学环境。为了阐明地下

水 SiO_2 背景与分布特征和提供有关部门使用,选择了 SiO_2 的分布类型、算术平均值、几何平均值、标准

差、变异系数和含量范围等特征(表2)。由表2知,鄱阳湖地区地下水中 SiO_2 背景值有如下特征:

表2 地下水中 SiO_2 统计特征表

(mg/l)

单元代号	样品数(个)	报出率(%)	分布类型	算术平均值	几何平均值	标准差	变异系数	含量范围
I	20	100	正态	19.950	17.277	9.197	0.461	3.000~37.000
II	39	100	正态	16.462	14.132	7.914	0.481	1.000~38.000
III	21	100	偏态	8.190	8.074			6.000~12.000
IV	15	100	对数正态	12.200	10.991	1.583	0.485	6.000~28.000
V	16	100	对数正态	7.813	7.481	1.353	0.309	4.000~14.000
VI	20	100	对数正态	13.950	11.335	1.956	0.754	3.000~16.000
VII	15	100	对数正态	17.267	15.101	1.743	0.601	6.000~38.000

1)分布类型。I、II两单元为正态分布,表明地下水 SiO_2 含量分布的集中趋势接近于算术平均值,该两单元地下水 SiO_2 含量采用算术平均值表示数据的集中趋势;IV、V、VI、VII四单元为对数正态分布,表明地下水 SiO_2 含量分布的集中趋势接近于几何平均值,该4单元地下水 SiO_2 含量采用几何平均值表示数据的集中趋势。

2)离散性。除III单元外,标准差存在: $I > II > VI > VII > IV > V$ 单元关系。标准差大,说明形成 SiO_2 的水文地球化学环境复杂,致使 SiO_2 背景值离散性大,反之则异。江西省鄱阳湖地区地下水中 SiO_2 的背景值离散性为: $I > II > VI > VII > IV > V$ 单元。

5.2 SiO_2 背景值的形成及其控制因素

各单元 SiO_2 含量顺序为: $I > II > VII > VI > IV > III > V$ 单元。这种分布规律的形成,主要受含水介质成分、氧化还原环境、有机物质以及地下水的pH值和 CO_2 含量等控制。

硅是典型的亲氧元素,在地壳中分布很广,其丰度为 281.500×10^{-6} ,仅次于氧而居第二位^[5]常以硅酸盐形式存在。地下水中可溶性硅是以偏硅酸或硅酸的形式存在。它的形成及存在形式,根据笔者研究,在表生带中虽然水、氧、碳都是促使硅酸盐矿物和石英分解的重要因素,但是,地下水中的 SiO_2 形成及其含量主要受岩石中 SiO_2 和含水介质中淤泥质含量以及地下水的酸碱度和 CO_2 含量控制,即随岩石中 SiO_2 和含水介质的淤泥质含量增高,地下水pH值的减小和 CO_2 含量的增高而增高。尤其与pH值和 CO_2 含量的关系非常明显,相关系数分别与 $-0.28(P < 0.001)$, $0.29(P < 0.001)$ 。

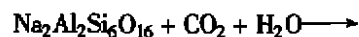
在基岩区,地下水中的 SiO_2 主要是花岗岩、砂岩、砾岩等硅酸盐岩淋溶风化作用释放出来的。由于岩石不断被风化淋溶,矿物中 SiO_2 不断淋溶迁移水中,成为地下水中 SiO_2 的主要来源,因此,地下水

中 SiO_2 含量与岩石中 SiO_2 含量有密切关系,一般随岩石中 SiO_2 含量增高而增高(表3)。

表3 地下水中 SiO_2 含量与岩石中 SiO_2 含量的关系

岩石类型	碳酸盐岩	红色碎屑岩	碎屑岩	变质岩	岩浆岩
岩石中 SiO_2 含量(%)	2.31	54.15	52.58	60.00	70.63
地下水中 SiO_2 含量(mg/L)	8.000	10.991	7.471	11.335	15.101

在冲湖积平原区,由于富含淤泥质(普遍夹有一层厚度为1m~2m的淤泥)和处于还原环境,有机质分解产生大量的 CO_2 ,使含水介质中的铝硅酸盐的溶解度增大,溶于地下水中的 SiO_2 含量增高^[6],其反应式如下:



这个反应在富含有机质的还原条件下,不断向右进行,进入地下水中的 SiO_2 一部分以可溶态溶于水中迁移富集。因此, I 单元的多数水样品的 SiO_2 含量超过 20.0 mg/l,算术平均值达到 19.950 mg/l,为该区的最高含量。

6 偏硅酸矿水的开发利用

鄱阳湖地区地下水资源丰富,年可开采量大于 1.44 亿 m^3 ^[7],其中,偏硅酸矿泉水资源年可开采量大于 0.4 亿 m^3 。据研究区 146 个采样水点的研究表明,有 42 个点的地下水 SiO_2 含量达国家规定的矿泉水标准,占 28.2%。这些偏硅酸矿泉水点,除部分水点的 NO_2 含量超标外,其它有害元素均低于国家标准(表4),完全符合饮用天然矿泉水的要求,可以开发利用,并能取得较好的经济效益与社会效益。

7 结语

鄱阳湖地区地下水 SiO_2 的形成和分布特征与岩石的 SiO_2 和含水介质中的淤泥质含量、氧化还原环

表 4 达偏硅酸矿泉水采样点的 SiO_2
和主要有害元素含量与国家标准对比表

组分 (元素)	SiO_2	Cd	Cr	Pb	Hg	As	F	NO_2
国标	≥ 19.30	10	50	50	1	50	2.5	0.005
1	30.0	0.00005	0.0024	0.0017	0.0042	0.00055	0.260	0.020
2	20.0	0.00001	0.0021	0.00076	0.0070	0.00085	0.240	0.240
3	32.0	0.00002	0.00031	0.00081	0.0080	0.0013	0.120	0.040
4	20.0	0.00023	0.0015	0.0109	0.0080	0.0143	0.260	0.004
5	20.0	0.00007	0.0014	0.00082	0.0220	0.0036	0.180	0.004
6	25.0	0.00006	0.0023	0.0014	0.0042	0.0004	0.240	0.004
7	28.0	0.000002	0.00097	0.00004	0.0050	0.0030	0.288	0.040
8	24.0	0.00009	0.00074	0.0015	0.0065	0.0005	0.160	0.004
9	24.0	0.0006	0.00236	0.00179	0.0173	0.00135	0.052	0.004
10	25.0	0.00005	0.00081	0.00106	0.0330	0.0018	0.240	0.012
11	25.0	0.000015	0.0017	0.0004	0.0090	0.0211	1.800	0.004
12	20.0	0.000027	0.00326	0.00217	0.0010	0.0003	0.120	0.004
13	36.0	0.000022	0.0044	0.00103	0.0100	0.0006	0.160	0.004
14	24.0	0.000276	0.00046	0.00259	0.0190	0.00130	0.100	0.004
15	20.0	0.000001	0.00094	0.0018	0.0050	0.0008	0.064	0.080
16	31.0	0.000044	0.00063	0.00037	0.0185	0.0154	0.200	0.004
17	28.0	0.000116	0.00067	0.00163	0.0065	0.0005	0.120	0.012
18	37.0	0.00058	0.0004	0.00084	0.0075	0.0007	0.050	0.004
19	38.0	0.00377	0.00631	0.00387	0.0215	0.0006	0.072	0.004
20	32.0	0.0006	0.00133	0.0044	0.0045	0.0017	0.228	0.004
21	25.0	0.0002	0.0022	0.00037	0.0095	0.00075	0.070	0.020
22	25.0	0.00004	0.0039	0.00048	0.0250	0.00025	0.024	0.020
23	30.0	0.00218	0.0016	0.00054	0.0215	0.00055	0.032	0.060
24	25.0	0.0010	0.0006	0.00016	0.0140	0.00055	0.060	0.040
25	38.0	0.00001	0.0001	0.00132	0.0095	0.0010	0.120	0.004
26	25.0	0.00006	0.0004	0.00071	0.0047	0.00088	0.058	0.160
27	25.0	0.00002	0.0006	0.00065	0.0065	0.00060	0.058	1.200
28	22.0	0.00004	0.0001	0.00052	0.0330	0.00635	0.152	0.004
29	25.0	0.00018	0.0032	0.00095	0.0193	0.00055	0.060	0.004
30	25.0	0.00013	0.0003	0.00025	0.0245	0.00130	0.084	0.004
31	22.0	0.00048	0.0001	0.00071	0.0210	0.00110	0.096	0.004
32	25.0	0.00012	0.0014	0.00002	0.0117	0.00257	0.466	0.004
33	20.0	0.00008	0.0003	0.00002	0.0200	0.00075	0.052	0.004
34	20.0	0.00005	0.0004	0.00024	0.0117	0.00207	0.390	0.004
35	30.0	0.00004	0.0016	0.00018	0.0063	0.00136	0.113	0.065
36	20.0	0.00001	0.0026	0.0016	0.0060	0.00050	0.380	0.004
37	22.0	0.00003	0.0031	0.00074	0.0035	0.00040	0.048	0.004
38	220.	0.0001	0.0007	0.00033	0.0130	0.00020	0.056	0.020
39	22.0	0.0002	0.0010	0.00066	0.0043	0.00060	0.028	0.004
40	22.0	0.00014	0.0037	0.00014	0.0039	0.00172	0.290	0.004
41	20.0	0.00037	0.00146	0.00018	0.0090	0.0013	0.040	0.004
42	25.0	0.00001	0.00054	0.00024	0.0150	0.0009	0.072	0.004

注: SiO_2 、 NO_2 、F 的单位为 mg/l , 其它为 $\mu\text{g/l}$

境及地下水的酸碱度和 CO_2 含量有关, 尤其与 pH 值和 CO_2 含量关系极为密切。前者与地下水的 SiO_2 含量呈非常显著的负相关, 后者与地下水的 SiO_2 含量呈非常显著的正相关。

偏硅酸矿泉水资源丰富, 埋藏较浅, 易于开发利用。主要分布于岩浆岩区, 当泉水与断裂构造有关时, 地下水的 SiO_2 含量在 20 mg/l 的泉水点占 80%, 因此, 该岩类分布区是寻找具有开发利用价值的偏硅酸矿泉水最有利的地区。含硅较高的砾岩、砂岩分布区的泉水, 尤其与断裂构造有关时, SiO_2 含量在 20 mg/l 以上的占 50%, 因此, 该岩类分布区, 也是寻找具有开发利用价值的偏硅酸矿泉水较有利地区。其它岩类分布区, 尤其是碎屑岩、碳酸盐岩分布区泉水 SiO_2 含量甚低, 难于寻找到具有开发利用价值的偏硅酸矿泉水。在冲湖积平原区的地下水点, SiO_2 含量在 20 mg/l 以上的虽然占多数, 但亚硝酸盐超标, 故难于找到具有开发利用价值的偏硅酸矿泉水。

参考文献

- 1 曾昭华, 等. 地下水中 SiO_2 的形成及其与人群健康的关系. 贵州地质, 1996, 13(3): 272 ~ 275
- 2 卢治平. 天然矿泉水与微量元素及人体健康. 南昌大学学报, 1994, (增刊): 196
- 3 符克年, 等. 人体生命元素. 北京: 中国医药科技出版社, 1995. 422
- 4 国家标准局. GB8537—87 饮用天然矿泉水. 北京: 中国标准出版社, 1988
- 5 刘英俊, 等. 元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1984. 6
- 6 Zeng Zhaoxua, The Background Features and Formation of Chemical Elements of Groundwater in the Region of the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River. ACTA GEOLOGICA SINICA. 1997, 71(1): 80 ~ 89
- 7 曾昭华, 等. 江西省鄱阳湖地区地下水资源的开发与保护. 水资源研究, 1997, 18(3): 18 ~ 20

THE DISTRIBUTION FEATURE AND DEVELOPMENT ASSESSMENT OF SiO_2 IN GROUNDWATER IN THE AREA OF POYANG LAKE, JIANGXI PROVINCE

Zeng Zhaoxua

demonstrated that the background of geologic environment, the background and distribution features of SiO_2 in groundwater in the area of poyang Lake, Jiangxi province and the relations between composition of the aquiferous medium in groundwater, SiO_2 content in groundwater, acidity and alkalinity in groundwater, oxidation and reduction environment, organic material in groundwater. The result shows that SiO_2 content of groundwater and SiO_2 content of aquiferous medium, content of organic material, oxidation and reduction environment are interrelative, and pH value and CO_2 content of groundwater are correlated of very evidently, correlation coefficient are $-0.28(p < 0.001)$, $0.29(p < 0.001)$. Metasilicic acid mineral spring water resources in plenty, have a better development and utilization value.

Key words area of poyang lake, groundwater, distribution of silicon dioxide, assessment of development

第一作者简介:

曾昭华 男, 1934 年生. 1959 年毕业于长春地质学院水文地质工程地质专业, 现任中国国际交流出版社特约顾问编委, 江西省微量元素与健康研究会副理事长, 教授级高级工程师, 享受国务院政府津贴。主要研究地下水中元素的形成及其分布规律, 地质灾害与环境的关系, 地下水资源质量及其合理开发利用, 地质和气候环境与人群健康的关系。

通讯地址: 江西省南昌市罗家集 江西省地矿厅环境地质研究所 邮政编码: 330012