

厦门岛地下水中营养盐含量及氯含量指标的确定

郭占荣 黄奕普 蔡明刚 刘广山

(厦门大学海洋与环境学院 福建 厦门 361005)

摘要 该文以厦门岛地下水为研究对象,研究了地下水中营养盐含量的空间分布和变化。结果表明 2001 年 DIN(无机氮总 - N)含量的变化范围是 201.2 ~ 1368.1 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, $\text{PO}_4 - \text{P}$ 含量的变化范围是 9.2 ~ 1190.0 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。从 1999 年至 2000 年, DIN 含量的变化范围是 74 ~ 2068 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, $\text{PO}_4 - \text{P}$ 含量的变化范围是 709 ~ 1825 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。同时该文将地下水中氯离子作为海水入侵指标,根据氯离子背景值确定出海水入侵氯含量指标值。

关键词 地下水 营养盐 氯离子 厦门岛

Nutrition Content and Indicator Value of Chlorion for Groundwater in Xiamen Island

Guo Zhanrong Huang Yipu Cai Minggang Liu Guangshan

(Oceanography and Environment School, Xiamen University)

Abstract The paper takes the groundwater as research object in Xiamen Island. Regional distributions of the nutrition content ($\text{NH}_3 - \text{N}$, $\text{NO}_2 - \text{N}$, $\text{NO}_3 - \text{N}$ and $\text{PO}_4 - \text{P}$) in the groundwater are studied. The results showed that content of DIN for 2001 year ranges from 201.2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ to 1368.1 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ and content of $\text{PO}_4 - \text{P}$ ranges from 9.2 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ to 1190.0 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$, in Xiamen Island. From 1999 to 2000 year, in Zengcuan village, DIN ranges from 74 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ to 2068 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ and $\text{PO}_4 - \text{P}$ ranges from 709 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ to 1825 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$. Chlorion was used as an indicator of seawater intrusion and the index value of 200 mg/dm^3 for seawater intrusion was recommended. The research results are significant for further studying, drainage of nutrition groundwater to the sea and for identifying the seawater intrusion.

Key words groundwater; nutrition; chlorion; Xiamen Island

1 引言

笔者曾经计算过厦门岛的地下水入海通量,在获得地下水入海通量的时候,就自然会考虑到在地下水排泄于海水的同时,地下水中所含的营养元素(氮、磷等)也被携带进入海水中,那么由地下水进入海水中的营养元素通量到底有多大呢?如果想要搞清楚这个问题,首先要搞清楚地下水中营养元素的分布和变化情况。为此,笔者在厦门岛采集地下水样品并进行了氮、磷含量的分析,以了解氮、磷营养元素含量的空间分布及其随时间的变化。

此外,滨海地区很容易发生海水入侵并造成灾害。在判断有无海水入侵之前,首先要确定该

地区海水入侵指标。为了研究厦门岛海水入侵情况,笔者收集了近百个地下水钻孔资料来分析地下水中主要离子(Cl^-)的背景值,在此基础上确定出厦门岛海水入侵指标值。

2 地下水中氮磷营养盐含量及其分布

2001 年 7 月 15 日,笔者在厦门岛上沿着海边采集地下水样品 22 份,采样点分布见图 1。野外取样后水样立即放入低温保温箱中。7 月 16 日,由国家海洋局第三海洋研究所水化学实验室对其 $\text{NH}_3 - \text{N}$, $\text{NO}_2 - \text{N}$, $\text{NO}_3 - \text{N}$, $\text{PO}_4 - \text{P}$ 含量进行测定,结果见表 1。测定结果表明,地下水中 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 的含量介于 179.0 ~ 1360.0 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 之间, $\text{NO}_2 - \text{N}$ 的含量介于 0.1 ~ 718.0 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 之间, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 的含量介于 0.0 ~ 143.0 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 之间, DIN(无机氮总 - N)的含量介于 201.2 ~ 1368.1 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 之间, $\text{PO}_4 - \text{P}$ 的含量介于 9.2 ~ 1190.0 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 之间。DIN 含量在

作者简介:郭占荣,男,1965 年生,博士后,从事地下水资源评价及生态环境研究。

收稿日期:2003 - 11 - 23

不同地点最大相差 $1166.9\mu\text{g}/\text{dm}^3$, $\text{PO}_4 - \text{P}$ 含量在不同地点最大相差 $1180.8\mu\text{g}/\text{dm}^3$ 。

总的来看,地下水中的氮和磷含量的空间分布极不均一。笔者认为这种极不均一性除了与微生物活动有关外,还与人类活动对地下水的污染有密切关系,特别是与生活废水排放、农田施用化肥等污染有直接关系。例如,1号水样点的 $\text{PO}_4 - \text{P}$ 含量之所以异常高,是因为众多居民把洗衣用水(含磷)倒在井的附近,使得洗衣废水渗入地下水所致。

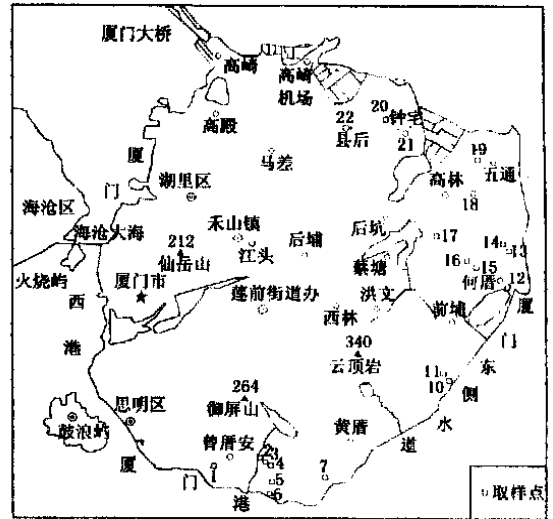


图1 地下水取样点分布

表1 厦门岛内地下水中氮、磷营养盐含量分析结果

$\mu\text{g}/\text{dm}^3$

编号	采样地点	$\text{NO}_2 - \text{N}$	$\text{NO}_3 - \text{N}$	$\text{NH}_3 - \text{N}$	DIN	$\text{PO}_4 - \text{P}$
1	珍珠湾软件园后公路旁	23.4	623	32.7	679.1	1190.0
2	曾厝垵村西田地	69.0	701	ND	770.0	290.0
3	曾厝垵村路边	8.3	1240	14.1	1262.4	277.0
5	曾厝垵村东田地	1.3	179	20.9	201.2	178.0
6	环岛公路南公主园	0.1	1360	8.0	1368.1	154.0
7	景州乐园南邻花圃里	8.3	963	60.7	1031.9	67.6
8	黄厝村南邻部队院内	0.4	1330	2.5	1332.9	17.6
9	黄厝村王家院内	0.6	1190	4.6	1195.1	31.7
10	水产研究所东邻田地	6.2	1270	8.9	1285.1	21.7
11	水产研究所东邻田地	9.9	1300	15.4	1325.3	20.1
12	何厝村之下何路边	2.1	566	4.8	572.9	9.2
13	塔埔村住户院内(村西)	6.4	451	8.0	465.5	14.3
14	塔埔村住户院内(村东)	1.8	858	2.9	862.7	70.5
15	何厝村北田地	6.6	1200	143.0	1349.6	30.1
16	何厝村北田地	718.0	486	13.2	1217.2	45.1
17	洪塘村公路边	35.3	571	82.0	688.3	41.0
18	高村公路边住户院内	0.8	1030	2.4	1033.2	34.9
19	五通村田地	4.1	806	28.9	838.9	93.6
20	钟宅村住户院内	0.7	1020	70.6	1091.3	14.4
21	钟宅村南邻田地	18.6	879	33.5	931.1	12.1
22	县后村住户院内	4.2	966	65.3	1035.5	12.1

注:ND表示未检出。

3 地下水中氮和磷含量的时间变化

1999年11月至2000年7月,我们曾对曾厝垵村同一口井地下水中氮和磷含量进行了时间

系列观测,结果显示同一地点的地下水中氮和磷的含量在时间(月份和季节尺度)上的变化非常大。DIN含量的变化范围是 $74 \sim 2068\mu\text{g}/\text{dm}^3$, 变幅达 $1994\mu\text{g}/\text{dm}^3$, 尤其是 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 含量的变化更

著;PO₄ - P含量的变化范围是 709 ~ 1825μg/dm³, 变幅达1116μg/dm³ (表 2)。这种地下水中氮和磷含量随时间的剧烈变化,除了与降水等自然条件的变化有关外,与人类活动的影响也不无关系。

表 2 地下水中氮、磷营养盐含量的时间变化 μg/dm³

时间	NH ₃ - N	NO ₂ - N	NO ₃ - N	DIN	PO ₄ - P
1999 - 11 - 25	27	33	2008	2068	1198
1999 - 12 - 25	61	24	1206	1291	709
2000 - 03 - 26	0	28	46	74	1825
2000 - 07 - 04	73	4	76	153	1564

4 海水入侵氯含量指标值的确定

根据国内外的研究,海水入侵导致地下水水质恶化,最明显的变化是水中 Cl⁻ 含量的增高,所以通常把 Cl⁻ 作为指标来判断海水是否入侵及入侵的范围^[2]。不同地区及类型的天然地下水中 Cl⁻ 含量的背景值差异较大,故判别的标准也不一样。如莱州湾沿岸将 Cl⁻ 含量 200mg/dm³ 作为海水入侵指标值^[2],而葫芦岛市将 Cl⁻ 含量 250mg/dm³ 作为海水入侵指标值^[3]。一般情况下,如果没有人为污染(生活废水、动物排泄物等)造成 Cl⁻ 含量的异常,那么一旦发现地下水中 Cl⁻ 含量明显高于背景值,就可以判断出现了海水入侵。本文也按照国内外的普遍做法,将 Cl⁻ 作为海水入侵指标,以地下水筒分析结果为基础,根据背景值来粗略地确定 Cl⁻ 的指标值。

众所周知,滨海地区地下淡水与海水同在一个水循环系统中,两者之间存在着密切的水力联系。由于普通淡水平均密度为 1g/cm³,普通海水平均密度为 1.025g/cm³,所以在近海岸带海水必然形成楔形体下伏在淡水水体的下面。根据 20 世纪 80 年代福建省地矿部门对厦门岛的调查,海岸带海水影响宽度,即海水楔形体向陆域含水层延伸深度,一般在冲积 - 海积细砂层为 150 ~ 200m,在火山岩风化坡残积层为 30 ~ 50m 左右,在断裂带可达 600 ~ 700m(如莲坂)。笔者根据历年来厦门岛地下水勘察成果,选择近海岸带受海水影响的地段,即海水楔形体分布范围的钻孔资料进行分析,这些地段地下水中氯离子含量和矿化度都比较高,最大者 Cl⁻ 含量达 14482.9mg/dm³,矿化度达 23.7g/dm³(表 3)。

表 3 厦门岛海水影响地段地下水中 Cl⁻ 含量分布情况

原孔号	采样地点	Cl ⁻ / (g · dm ⁻³)	矿化度 / (g · dm ⁻³)	测定日期 (年 - 月 - 日)
zk158	国际会展中心	1.25	20.34	1998 - 07 - 05
zk67	国际会展中心	9.96	16.74	1998 - 07 - 05
zk1	象屿码头仓储区	6.43	10.97	1996 - 06 - 07
zk1	厦门职工大学	0.92	2.03	1997 - 09 - 13
zk3	开元区政府	0.53	1.36	1998 - 10 - 19
zk2	西堤信隆城	1.43	3.03	2000 - 01 - 12
zk7	西堤海关	14.48	23.70	1991 - 03 - 20
zk8	梧村汽车站	1.91	3.71	1993 - 07 - 22
zk26	厦禾路	0.84	1.89	1994 - 07 - 01
zk6	禾祥西路	1.11	2.11	1999 - 10 - 21
zk34	禾祥东路	0.78	1.76	1998 - 06 - 27
zk17	湖里建筑公司	2.84	4.78	1994 - 02 - 01
zk14	湖滨北路	3.55	5.99	1993 - 06 - 19
zk22	禾祥西路繁荣广场	7.62	13.13	1996 - 11 - 19
zk9	南湖花园	4.84	9.14	1995 - 07 - 21
zk8	演武路山海花园	1.82	3.52	1999 - 03 - 18
zk17	厦门体育中心	0.75	1.57	1998 - 01 - 09
zk7	国际银行大厦	7.93	13.57	1996 - 12 - 24
zk1	厦门电视中心	4.26	6.65	1993 - 08 - 29
zk7	厦门眼科中心	4.84	8.73	1995 - 01 - 08

为了分析厦门岛地下水中 Cl⁻ 含量的背景值,就必须避开海水的影响。于是,笔者对近百个不受海水影响的勘察钻孔的水质分析资料进行了整理和统计。表 4 是部分勘探孔的 Cl⁻ 含量和矿化度分析结果。

根据统计,厦门岛未受海水影响的地下水中 Cl⁻ 含量的平均值大致是 120.0mg/dm³,最小值 32.9mg/dm³,最大值 197.4mg/dm³。Cl⁻ 含量小于 50.0mg/dm³ 占 26%,Cl⁻ 含量介于 50.0 ~ 100.0mg/dm³ 的占 28%,Cl⁻ 含量介于 100.0 ~ 150.0mg/dm³ 的占 24%,Cl⁻ 含量介于 150.0 ~ 200.0mg/dm³ 的占 22%。总体来看,未受海水影响的地下水中 Cl⁻ 含量不超过 200.0mg/dm³,故本文将地下水中 Cl⁻ 含量 200mg/dm³ 确定为厦门岛海水入侵的指标值,即如果地下水中 Cl⁻ 含量大于 200mg/dm³,就可以初步断定有海水入侵现象发生。

表4 厦门岛内地下水中Cl⁻含量背景值及分布

原孔号	采样地点	Cl ⁻ 含量 /(mg L ⁻¹)	矿化度 /(g L ⁻¹)	测定日期 (年-月-日)	备注
zk16	薛岭梅阳花园	148.00	0.80	1998-04-12	低丘残积台地
zk7	高崎国际机场南侧生活区	197.40	0.85	1996-08-23	冲洪积阶地
zk16	厦门大学嘉庚楼群	146.80	0.57	1997-10-11	
zk3	厦门市公安局办公楼	42.50	0.27	1994-02-01	
zk3	湖里寨上村厦华电子展销中心	91.30	0.48	1998-09-05	
zk7	湖里南山南侧	106.30	0.45	1993-04-14	
zk2	厦港新村华侨中学	32.89	0.22	1998-04-28	剥蚀台地
zk1	枋湖工业区中部	191.43	0.74	1997-08-09	冲洪积阶地
zk20	普光寺北卧龙山庄	39.70	0.33	1994-12-06	低丘斜坡
zk1	何厝小学	169.59	0.78	1999-07-31	坡残积台地
zk8	西林禹洲花园	127.60	0.74	1997-12-04	坡残积台地
zk2	湖里悦华公寓	44.66	0.90	1997-12-20	
zk65	前埔居住南区	68.06	0.27	1997-04-01	坡残积台地
zk9	县后村武警水电指挥部	42.54	0.23	1993-08-25	
zk3	厦门中医院	44.24	0.56	1999-10-16	坡残积台地
zk5	前埔工业区	117.41	0.39	1999-09-11	冲洪积阶地
zk8	逸夫中学	77.43	0.19	1999-10-07	冲沟低洼地带
zk10	厦门师范学校	84.79	0.27	1999-08-29	
zk16	林后金尚路口	108.47	0.28	1997-11-9	残丘缓坡
zk11	鸿山寺北鸿图大厦	70.19	0.48	1996-06-07	坡积地带
zk20	湖里徐厝嘉湖花园	179.37	0.59	1995-12-28	剥蚀台地
zk2	茂后水库东侧交通局疗养院	95.29	0.33	1992-12-28	冲洪积阶地
zk15	莲花广场北吕厝	170.16	0.54	1993-10-21	
zk9	文灶	38.99	0.32	1995-12-09	
zk5	枋湖村戴尔计算机公司	110.60	0.33	1998-09-28	坡积地带
zk26	黄厝村东新世纪培训中心	60.83	0.16	1998-10-19	冲洪积阶地
zk8	蔡塘村	99.26	0.26	1995-04-18	冲洪积阶地
zk3	曾厝垵村西北变电站	47.64	0.32	1999-04-06	冲洪积阶地
zk6	曾厝垵新村A2块	139.50	0.39	2000-01-24	
zk4	曾厝垵邮电局	186.60	0.57	1992-04-20	

5 结语

本文对厦门岛地下水中氮和磷含量的时空分布进行了初步分析,发现地下水中氮、磷含量的时空变化都非常大,所以要准确计算氮、磷营养元素的入海通量,就必须进行区域的、长时间系列的地下水水质动态监测和分析,特别要注意人类活动影响的分析。但是,氮、磷入海通量涉及诸多物理、化学、生物和地质过程,也没有成熟的模式可借鉴,因此,氮、磷入海通量的精确计算还有待于进一步研究。

本文根据地下水筒分析结果,较粗略地确定了厦门岛海水入侵的指标值。为了更好地研究厦

门岛海水入侵情况以及陆-海相互作用机制,很有必要在海岸带的一些关键位置布置若干长期地下水动态监测孔,目前这方面的建设还非常薄弱,尚待加强。

感谢福建省厦门水文地质工程地质公司提供地下水筒分析资料,感谢国家海洋局第三海洋研究所环境监测与海岸带中心暨卫东主任在营养盐测定方面的支持和帮助。

参考文献

- 1 薛禹群,谢春红,吴吉春. 海水入侵研究. 水文地质工程地质,1992,19(6):29~33
- 2 姜嘉礼. 葫芦岛市滨海地区海水入侵研究. 水文,2002,22(2):27~31