

我国地下水环境背景值研究综述

郭高轩, 辛宝东, 刘文臣, 王晓红

(北京市水文地质工程地质大队, 北京 100195)

摘要: 地下水环境背景值是地下水污染判别和污染程度评价的重要标尺。本文系统回顾了我国地下水环境背景值的研究历史, 论述了常用的确定方法, 探讨了其影响因素, 尤其对应用最广泛的数理统计法的应用原则、数据检验、背景值取值等问题进行了讨论。最后, 指出了我国地下水环境背景值研究中存在的若干问题, 并提出了相应的意见和建议。

关键词: 地下水; 污染; 环境背景值; 方法; 影响因素

中图分类号: P 641. 12

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2010)02-0095-04

当前, 地下水污染已成为制约许多地区经济发展和环境保护的重要因素。人们不但需要判别劣质的地下水是否由人类污染所致; 而且更关注被污染的地下水污染到什么程度, 以确定治理的轻重缓急, 并提出相应的治理措施。以上研究都必须基于一定的参考值, 在地下水科学中, 称为地下水环境背景值。在此基础上, 不仅可以判别地下水是否已被污染, 划定污染区域的边界, 实施更为有效的监测。此外, 也可以获得不同区域的污染指数, 进行污染程度分级评价, 准确描述污染羽对重要水源保护地的“威胁”风险等。

1 研究历史

1975年, 美国人 J. J. 康纳率先提出了环境背景值的概念。1976年, 我国开展北京、南京、广东、松辽平原、珠穆朗玛峰等地区的土壤调查时引入了“土壤环境背景值”的概念^[1]。上世纪 80 年代初, 在“长江中下游重点地区地下水环境背景值调查”研究中, 我国的水文地质学家正式提出了“地下水环境背景值”^[2]。2006年, 我国开始大范围的地下水污染调查工作。由于地下水污染面积正逐年增大, 污染深度也在日益加深, 地下水污染进一步威胁供水保障程度, 形势十分严峻。所以, 定量刻画平原区各层地下水的污染程度成

为了首要任务。2007年, 国家环境保护部发布的《环境保护标准(地下水环境)》中明确和规范了地下水环境背景值的概念: “地下水环境背景值指在未受人类活动影响的情况下, 地下水所含化学成分的浓度值。该值反映了天然状态下地下水环境自身原有化学成分的特性值, 也称地下水环境本底值”^[3]。2008年, 欧洲科学家联盟在欧洲开展了地下水水质的详细调查, 其主要目标是确定含水层中地下水的天然背景值, 阐明其地球化学过程, 并对定义什么组分构成污染提供基础框架。Mike Edmunds 和 Paul Shand 合著了《天然地下水水质》(Natural Groundwater Quality), 引用了 12 个国家 25 个含水层数据对地下水背景值趋势、监测技术和政策制定等问题进行了探讨^[4]。

2 确定方法

地下水背景值反应的是其天然特征, 通常要结合多种技术手段, 综合确定。以往常用的方法主要有: 类比法、历时曲线法、数理统计法、趋势分析法、剖面图法、变差曲线法和趋势分析法。实际中常用的主要是前三种。

2.1 类比法

类比法又叫对照法, 也称比拟法。该方法指在地下水污染调查时, 不直接在工作区开展工作, 而是选择与工作区地质、地貌、水文地质条件相似的对照区作为研究对象。研究对照区的地下水背景值, 用以代表工作区的地下水环境背景值。这里的相似性通常考虑: ①对照区和研究区的岩性和地下水的赋存条件; ②补给、径流与排泄条件; ③所选择对照区的污染状况。通常选择几乎没有工业发展或尚处于工业发展初期的地区, 如偏远的自然保护区, 偏远的山区等作为已经遭受污染地区的对照区。

收稿日期: 2009-05-06; 修订日期: 2009-10-03

基金项目: 北京市委组织部优秀人才培养资助项目 (2009D010002000002); 北京市平原区地下水污染调查; 北京市地下水资源安全评价及污染防控技术研究与示范 (D07050601510000)

作者简介: 郭高轩 (1979-), 男, 硕士, 主要从事水文地质与环境地质工作。

E-mail: g_g_x@yahoo.cn

2.2 历时曲线法

历时曲线法是指系统收集研究区域内长序列的水质观测资料,在不考虑测试水平等因素的前提下,研究其历史变化特征。当地下水中某一或某些组分的浓度随时间出现阶跃性变化时,往往被认为是地下水系统特征发生了很大改变,一般认为是污染原因造成,通常取未发生阶跃部分的记录数据确定研究区的背景值。这种方法的优点是可以剔除一些偶然因素造成的水质变化。当然,具有长期观测资料的监测点一般位于人类活动强烈的城市中心区、近郊区,所以应特别注意取样点的代表性。

2.3 数理统计法

数理统计法是目前应用最多的方法。通常按以下六个步骤进行:①划分水文地质单元→②布点采地下水样→③水质化验→④数据检验→⑤统计处理→⑥确定背景值。其中,综合分析水文地质条件是该方法应用的关键。其内容包括准确划分不同地下水系统的界线,判别地下水系统类型(孔隙水、裂隙水、岩溶水);在同一系统内,还要考虑含水层的埋藏条件(包气带水、潜水、承压水)和所处的部位(冲洪积扇的扇顶、扇中、扇缘)。采样点布置应注意代表性和均衡性,即既要能满足调查评价的精度,又要为反映水文、环境地质条件的变化有所侧重。

我国的地质工作者曾就该方法的应用进行过一些研究^[5~11]。研究对象多为以山前冲洪积平原及滨海地带的第四系孔隙水、岩溶裂隙水的研究偏少。地下水的化学组分由最初的硝酸盐、氟化物等几项扩展到目前的20余项。通过梳理发现,正是由于广大城市所在区域内较高的人类活动强度,造成和加剧了地下水的污染,从而推动了地下水天然化学场的研究,使得高精度大规模的地下水采样分析成为可能。在采样点布设和选取时需要进行污染点的判别与剔除,但是不能保证所测结果百分之百无污染。在采样、送检和分析过程中也有可能存在个别污染,在数据统计前需要剔除。有人提出^[12]以 NO_3^- 作为污染的标志,但是其缺陷是在低矿化地下水和高矿化水中,仅仅以 NO_3^- 的绝对含量($\text{NO}_3^- > 20\text{mg/L}$)作为判别地下水是否污染的标志是不够的,难以确定地下水化学场是否发生变化。贺秀全等^[12]指出了以绝对含量和毫克当量百分数双因子共同判别的方法。宇庆华^[12]等探讨了拉氏积分函数法和Thompson法剔除异常值优劣。大量研究和实例表明,Grubbs法取显著性水平 $\alpha < 0.01$,剔除异常值效果较好,为大多数人所采用^[9,13~14]。介绍Grubbs

检验方法的书籍和文献很多,在此不予赘述。

在数据异常值剔除之后,需要确定统计样本的分布类型,通常有偏度、峰度检验法,夏皮洛-威尔克(Shapiro-Wilk)W检验法,皮尔逊(Pearson) χ^2 检验法,柯氏(Kolmogorov-Smirnov)检验法等。在取值时,基本有以下三种情况:

①当组分浓度服从正态分布时,如 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 和氟化物,取其算术平均值^[11]或者 $\bar{X}$ (均值) $\pm 2S$ (标准差)^[5,12~14];也有取 $\bar{X}$ (均值) $\pm S$ (标准差)^[9];

②当组分服从对数正态分布时,取几何平均值;

③当组分服从偏态分布时,如硝酸盐,则取累计频率为50%处的浓度值^[13]。

对数理统计法来讲,当污染区和非污染区相对明确的条件下,一般取均值加减标准差作为背景值的区间。当取样点较多,污染区界线不明的情形下,通常取均值加减两倍的标准差作为上下限。

3 存在的问题

3.1 概念混淆

在实际中,存在背景值与对照值相混淆的问题。“背景”或“本底”强调的是地下水的天然状态,地下水环境对照值则指“评价区域内历史记录最早的地下水水质指标统计值,或评价区域内受人类活动影响程度较小的地下水水质指标统计值,是与一定的时间和地点关联的相对概念。”此外,应区分背景值与人为制定的规范值,前者是判别地下水是否污染的标尺,后者则是界定地下水水质等级的标准。

3.2 取值问题

有实例研究表明,背景值具有时间变异性,其丰水期和枯水期存在明显差别,其变幅呈现: $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{HCO}_3^-$ ^[15]。随含水介质差异、地下水径流强度的不同,其取值也是不同的。在横向上,同一个冲洪积扇单元内,不仅其上、中、下游的背景值存在差异,而且在垂向上不同深度的含水层,水质状况往往也差别很大。所以,应对背景值按照水文地质单元分层研究。对某组分来讲,其背景浓度值是一个区间,而许多研究者将其确定为一个数值^[6,9,16]。此外,环境背景值还与某一地区的研究程度、精度、测试水平等因素有关。

3.3 重无机,轻有机

日本是世界上开展地下水有机污染研究最早的国家之一,上世纪70年代末就开展大规模的地下水四氯乙烯、三氯乙烯污染研究。1980年,美国启动了“超级

基金”计划,标志着地下水研究由无机转向有机^[17]。

1999–2002年,中国地质调查局在华北平原和长江三角洲开展有机污染调查,结果让人震惊。据国家环保总局最新报道,中国百分之九十的城市地下水不同程度遭受了有机和无机有毒有害污染物的污染,目前已经呈现由点向面的扩展趋势。由于微量有机物毒性强,危害大,往往有三致(致癌、致畸、致突变)作用,需引起更高层次的重视^[18]。2000年以后,我国才陆续在个别城市(北京、天津、上海等)开始了有关地下水有机污染的调查项目。我国地下水有机物污染研究起步较晚,发展比较缓慢,目前还缺乏有机污染物指标体系^[19]和相应的监测网络。对于湖相沉积的含水介质而言,在富含有机质的地方,某些有机组分天然存在,研究其本底值就显得尤为重要。

4 讨论与建议

(1)在实际中,布点统计法应用最广,最好与历时曲线联合应用,共同确定背景值。布置采样点时,既要满足精度,又应当有所侧重。数据处理时,要严格按照水文地质单元进行。单元划分应当充分考虑:含水介质的矿物成分、地貌、地下水补给排泄条件、是否有明显污染等因素。此外,还应考虑研究区人口密度、开采强度、周边工业化分布等因素的影响。

(2)在数据检验时,虽然大多采用 Grubbs 检验法,但是,事实上,一个水样有很多测试项目,当其中多少测试项被 Grubbs 法排除时,才真正需要将该水样剔除在统计样本之外,目前缺乏这方面的研究。即便某水样被剔除在某一层组(如深层组)统计样本之外,并不意味着该水样是坏点而将其“抛弃”,应纳入另一层组(如浅层组)再次进行检验。如某一来自 200m 深的水井中的样品,最初被划分“深层”组的统计样品,在接受 Grubbs 排序检验时而被剔除。此时有两种可能:其一,该水样是真正遭受严重污染的点,应做“抛弃”处理;其二,该水样有可能是上部浅层地下水沿井管“泄漏”至底部的混合样,其隐含着污染调查中最应关注的“快速污染通道”信息,在统计分析中应当引起足够注意,不能草率处理。

(3)地下水环境背景值的取值是一个区间。受研究程度差异,各地区不可生搬硬套。通常,某一地区不同类型含水系统的背景值范围为:岩溶水 > 裂隙水 > 孔隙水。对于第四系冲洪积扇孔隙水,其背景值变幅区间又有上游 > 中游 > 下游。

(4)受地下水开采历史原因,早期开采大多属于

浅层地下水,且层层取水。目前大多数遭受了污染,在评价时最好追溯研究区最早的地下水水质测试结果即对照值,作为评价参考标尺。随着开采深度加大,中、深层地下水也已出现污染的趋势,应进行详细的环境水文地质调查,合理布点采样,确定地下水环境背景值。

(5)多种数据的融合有助于更加合理的确定背景值。同位素定年数据可以辅助确定水样的年代。郑跃军等^[20]对北京周边 11 组样品的 Cl^-/Na^+ 比值研究后认为,落在海水斜率线(海水的 $Cl^-/Na^+ = 1.8$)的采样点被认为是工业化以前的输入值,可认为未遭受污染。故可将此值作为其天然背景值。

(6)地下水环境背景值是地下水污染评价(包括判别海水入侵)的基础,也是水资源开发利用的基础,应当加强不同部门的资源整合和资料共享,共同提升地下水水质的监测、评价和研究的水平。此外,应尽快建立起一批国家级、省级的有机物污染长期监测点。

参考文献:

- [1] 中国环境保护总站. 中国土壤元素背景值 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990
- [2] 贺秀全. 地下水环境背景值研究 [J]. 地下水, 1996 16(2), 68–69
- [3] 中华人民共和国国家环境保护标准 [S]. 北京: 环境保护部, 2007.
- [4] 庞忠和. 天然条件下的地下水水质 [J]. 水文地质工程地质, 2009, 36(1), 139.
- [5] 罗格平. 奎屯市地下水环境背景值及环境质量评价 [J]. 干旱区地理, 1990, 13(2): 73–80
- [6] 李世峰. 地下水环境背景值确定方法探讨 [J]. 地下水, 1991(2): 102–104
- [7] 邱汉学, 黄巧珍. 地下水环境背景值及其确定方法 [J]. 青岛海洋大学学报, 1994(12): 16–20
- [8] 王小玲, 刘予, 张志林. 北京市永定河冲洪积扇地下水环境背景值的调查研究 [J]. 北京地质, 1994(2): 20–28
- [9] 樊丽芳, 陈植华. 地下水环境背景值的确定 [J]. 西部探矿工程, 2004(7): 90–92
- [10] 郭新体, 冯斌. 河南省永城市浅层地下水水质污染分区 [J]. 工程勘察, 2005(1): 18–21.
- [11] 夏晨, 李金柱, 何中发. 上海市浅层地下水环境地球化学背景值研究 [J]. 上海地质, 2006(1): 24–28
- [12] 宇庆华, 曹玉和. 地下水化学背景值研究中的异常值判定与处理 [J]. 吉林地质, 1991(2): 75–79.

- [13] 齐万秋, 周金龙. 石河子市地下水环境背景值 [J]. 干旱环境监测, 1994, 8(1): 14-17.
- [14] 高迪, 潘国营, 钟福平, 等. 新乡市地下水化学背景值研究 [J]. 露天采矿技术, 2006(4): 51-54.
- [15] 于文礼. 吉林省地下水环境背景值特征及其变异规律 [J]. 吉林地质, 1991(1): 38-43.
- [16] 元红. 铁岭市地下水对照值的确定 [J]. 环境保护与循环经济, 2008(5): 53-54.
- [17] Borden R C, Gomez C A, Becker M T. Geochemical indicators of intrinsic bioremediation [J]. Ground Water, 1995, 33(2): 180-189.
- [18] 江珊, 孙继朝. 我国水环境有机污染状况与防治对策 [J]. 海洋地质动态, 2005, 21(10): 5-10.
- [19] 林良俊, 文冬光, 孙继朝, 等. 地下水质量标准存在的问题及修订建议 [J]. 水文地质工程地质, 2009, 36(1): 63-64.
- [20] 郑跃军, 万利勤, 李文鹏, 等. 北京平原周边基岩水和地表水的水化学及同位素分析 [J]. 水文地质工程地质, 2009, 36(1): 48-50.

Review on the study of the environment background values of groundwater in China

GUO Gao-xuan, XIN Bao-dong, LIU Wen-chen, WANG Xiao-hong
(Hydrogeology and Engineering Geology Team of Beijing, Beijing 100195)

Abstract As an important parameter of hydrogeological and environmental sciences, the environment background value of groundwater is a basic factor for identification of groundwater quality, assessment of groundwater contamination and the corresponding renovating methods. In this paper, the conception, the study history, the influence factor, and studying principles of the environment background value of groundwater are described. For its comprehensive use, the method of mathematical statistics is discussed in detail. The application principle, the data testing, the value range are also discussed. Some suggestions for a few key issues and several problems, which is needed to be solved in the future, are presented.

Key words groundwater, contamination, environment background value, method, effect factor

责任编辑: 张若琳

• 征文启事 •

由国土资源部地质环境司等单位策划组织, 中国地质环境监测院等单位承办, 拟定于2010年9月上旬在河北省沧州市召开“第三届全国地面沉降学术研讨会”。

本次会议旨在全面总结我国近年来地面沉降研究最新学术成果与防治实践, 交流各地地面沉降防治工作的经验, 研讨地面沉降研究中的学术问题, 寻求新形势下地面沉降防治工作深化的对策与措施, 以此推进我国地质灾害防治跃上新台阶。

会议征集以下内容的论文:

- (1) 地面沉降研究与防治的总结与综述;
- (2) 地面沉降主要学术问题的研究与探讨;
- (3) 地面沉降防治对策与技术措施;
- (4) 地面沉降监测技术与数据处理;
- (5) 地面沉降模拟与预测;
- (6) 地面沉降环境影响评估, 等。

会议将安排主题报告、交流研讨、参观考察等内容, 会期三天。

请相关领域管理与科技工作者积极组织和撰写学术论文予以支持, 在2010年6月30日前提交论文全文。参会论文将择优在中文核心期刊《水文地质工程地质》以论文集形式发表, 务请严格按照正规期刊出版的规范格式要求撰写。

参会论文提交给以下信箱: E-mail: gong_shiliang@126.com, 请注明全国地面沉降会议参会论文。联系电话: 021-56065970, 56618050(黄士良)。