

# 典型地方病病区水文地质特征与生态地球化学环境编图

张春潮, 孙一博, 魏哲, 王文科

(长安大学 a. 环境科学与工程学院; b. 旱区地下水文与生态效应教育部重点实验室;  
c. 陕西省地下水与生态环境工程研究中心)

**摘要:** 目前编图主要是水文地质图方面,而对于具有实际意义的典型地方病区的编图研究甚少。结合前人研究,通过分析典型地方病区水文地质、地质环境的特征,对典型地方病区生态地球化学环境编图的原则,以及一些重要图件的表示方法做了相关探讨、说明。

**关键词:** 地方病; 生态地球化学; 水文地质特征编图

中图分类号: R188.2 文献标识码: A 文章编号: 1672-643X(2013)04-0195-04

## Mapping of hydrogeological characteristics and ecological geochemical environment in typical local ward

ZHANG Chunchao, SUN Yibo, WEI Zhe, WANG Wenke

(a. School of Environmental Science and Engineering; b. Key Laboratory of Subsurface Hydrology and Ecological Effect in Arid Region of Ministry of Education; c. Engineering Research Center of Groundwater and Eco-environment of Shaanxi Province; Chang'an University, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** The mapping has achieved great success in hydrogeological at present but is little for the mapping research of typical endemic area of practical significance. Combined with previous research, through the analysis of the characteristics of area hydrogeology, geological environment of typical local ward, the paper investigated the principle of mapping of ecological geochemical environment, the representation method of important maps in typical local ward.

**Key words:** endemic disease; ecological geochemistry; mapping of hydrogeological characteristics

地方病是指“由于水土原因引起的地方性疾病”,也称“水土病”<sup>[1]</sup>。在我国,地方病主要为地方性甲状腺肿、地方性克丁病、地方性氟中毒、大骨节病、克山病、鼠疫和布鲁氏菌病7种。其中地方性氟中毒、地方性砷中毒和高碘型地方性甲状腺肿大分布广,患者多,受威胁人口更多。这些地方病大多是由于人类居住环境中的某些元素的不足或过量造成的,因此地方病可以通过采取一些相关措施治愈和预防。如碘缺乏所引起的甲状腺肿可以通过在食用盐里加入碘盐进行预防,地方性高氟水可以通过改水措施减轻氟中毒,克山病经过多年综合措施的治理已经基本得到控制。地方病的分布以及严重程度和多种因素有关,就目前研究而言,地方病与区域地质地貌、水文地质条件、岩石类型、地球化学条件、饮食和饮水水质等多种因素有关<sup>[1]</sup>。为了能清楚地了解地方病区各种影响因素的分布、影响程度大小

等的情况,本文提出了对典型地方病区进行“生态地球化学环境图集”的编制。对生态地球化学环境开展研究,具有重要的现实意义。目前人类生存环境正面临一系列前所未有的重大而紧迫的生态环境问题,生态地球化学以地球科学为基础,研究元素的分布特征,进而全面评估人类生存环境的质量,探索治理环境的途径,是近20年来兴起的一门新的边缘学科。生态地球化学环境与人类健康关系的研究需要多部门多学科的相互碰撞、了解与融合。本文结合前人的研究成果,以地下水与人类健康关系为核心,以寻找适宜人类居住的水文地球化学环境为宗旨,从地球化学元素分布与人类健康的关系出发,从多学科研究与融合的角度,提出编制生态地球化学系列图件的一些基本原则、方法和技术要求等,为典型地方病区的地下水资源利用与规划、地下水质的保护和改良提供科学依据。

收稿日期:2013-04-02; 修回日期:2013-04-18

基金项目:中国地质调查局地调项目(12120106347000)

作者简介:张春潮(1989-),男,河南周口人,硕士研究生,从事生态地球化学环境与饮水安全研究。

# 1 我国典型地方病病区水文地质、地质环境特征

## 1.1 地方性氟中毒

高氟地下水主要分布在秦岭—淮河以北的平原、盆地区。大量研究<sup>[2-9]</sup>表明,地下水中的氟呈明显的分带特征,无论是从山前至盆地中心,从山前至海滨、冲积平原,从补给区到排泄区,从溶滤型到蒸发浓缩型,地下水中的氟含量逐渐升高,且深层地下水中氟含量普遍低于浅层。浅层地下水化学对氟迁移和富集的影响主要体现在水化学类型和水化学组分上。其中高氟地下水多分布在  $\text{HCO}_3^- - \text{Na}(\text{Na} \cdot \text{Mg})$  型水中,水化学环境一般呈碱性,pH 多在 7.5 ~ 8.5 附近。且地下水中氟的含量与矿化度、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  的含量均具有很好的相关关系。不同的地区其高氟地下水形成机理不一,主要成因有溶滤富集型、蒸发浓缩型、地热温泉型和海侵富集型,某一地区可能不止一种成因<sup>[11]</sup>。

## 1.2 地方性砷中毒

研究表明<sup>[10-15]</sup>,高砷地下水主要集中分布在北方干旱半干旱地区。地下水砷异常地段分布具有明显的地带性,从山前倾斜平原至盆地、冲湖积平原中心,地下水中的砷含量递增,总体上呈条带状展布,一般在盆地中心、冲湖积平原洼地处,砷含量达到最大。高砷水的形成与地貌、构造、岩性等密切相关,富含砷物源的冲湖积沉积区,封闭、半封闭的地球化学环境,平缓的地形,干旱半干旱的气候条件,都给砷在地下水中的富集提供了有利条件。地下水中的砷与铁、锰元素具有良好的相关性,且易于在碱性的还原环境富集。高砷地下水成因大致有 3 种:还原型、地热型、矿化型。

## 1.3 高碘型甲状腺肿大

以前很多国家和地区都存在一种错误认识,即地方性甲状腺肿大都是由于缺碘引起的,然而随着科技的进步和研究的深入,高碘型所引起的甲状腺肿大逐渐引起人们的重视<sup>[16]</sup>。根据《水源性高碘地区和地方性甲状腺肿病区的划定》,居民饮用水碘含量超过  $150 \mu\text{g}/\text{L}$  的地区即为高碘地区<sup>[17]</sup>。高碘地下水的分布具有很好的规律性,一般在海滨平原区、内陆低洼区、冲湖积相沉积区,大量碘富集或被有机物吸附,而在还原条件下随着有机物的分解,碘又被解析出来。目前对地下水质量标准中碘限值的确定,依然是研究的热点和重点,还需深入研究高碘地甲病与水文地质、地质环境作用的关系,从整体上把握碘在环境

中的迁移、富集和转化规律,以便能进一步指导高碘地区甲状腺肿大病的防治工作。

研究典型地方病病区水文地质、地质环境特征意义重大,它将指导生态地球化学环境编图的进行,如哪些图件是需要绘制和表示的,哪些内容是可以综合或简化的。

## 2 生态地球化学环境编图原则

生态地球化学是在全国多目标区域地球化学调查构建的平台上,基于地球系统观点研究物质循环规律及其生态效应的科学<sup>[18]</sup>。中国地质调查局自 1999 年以来实施地质大调查、全国土壤现状调查及污染防治专项,在生态地球化学方面已取得很多重大成果,但在生态地球化学环境编图,特别是在有实际意义的,关于典型地方病区的生态地球化学环境编图方面,目前仍没有一个较为系统的理论、编图原则等。采用系统理论,根据地质水文地质、生态地球化学特征和地方病特点等,现就典型地方病区生态地球化学编图原则作如下探讨:

(1)生态地球化学系列图件应包括地质地貌、水文地质和气象水文等与地下水形成、分布和应用等有关的基础图件,此即基础性原则。

(2)生态地球化学系列图件应包括与人体健康有关的微量元素(砷、碘、氟)和重要污染物质(硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、六价铬、酚等)的单项图件,如典型物质元素的等值线图或浓度分区图,此即特殊性原则。

(3)生态地球化学系列图件应包括反映地下水总体质量的地下水水质综合评价图和与人体健康相关的、突出主要微量元素和典型污染质的生态地球化学安全图件等,此即综合性原则。

(4)生态地球化学系列图件的内容应不能太过专业化,不能过于抽象概念化,在表达方式上面应通俗易懂,简单明了,要便于相关部门工程技术人员使用,此即实用性原则。

## 3 生态地球化学环境编图的表示方法

实际材料图、水文地质图(典型水文地质剖面)、地下水埋藏条件图、地下水 TDS 及咸水分布图、地下水水化学图等图件的内容、图示和图例在书《水文、工程、环境地质调查勘察》和《地下水资源调查评价技术方法汇编》中,均有所述。下面就值得注意的问题和其他一些图件的表示方法作如下说明。

### 3.1 地下水水化学类型的分区

地下水水化学图是一非常重要的水文地质图件,该图件无论是在客观评价一个地区的地下水资源条件上,还是在深入探讨一个地区地下水水质的分布变化规律上都是不可缺少的<sup>[19]</sup>。目前该图件的编制方法落后,缺少定量化。关于水化学类型的分类,最经典的分类是舒卡列夫分类,它是根据地下水中六种主要离子( $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{K}^+$ 合并于 $\text{Na}^+$ 中、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ )及矿化度划分的,含量大于25%毫克当量的阴离子和阳离子进行组合,共分成49型水,每型以一个阿拉伯数字作为代号。按矿化度又划分为4组:A组矿化度 $<1.5\text{ g/L}$ , $1.5\text{ g/L}\leq$ B组 $<10\text{ g/L}$ , $10\text{ g/L}\leq$ C组 $<40\text{ g/L}$ ,D组 $\geq 40\text{ g/L}$ <sup>[20]</sup>。不同化学成分的水都可用水化学类型的代号和矿化度的组号组合进行代替。利用该方法绘图时,需要将水样点投影到图上,然后对水化学类型进行概化,进行手工绘制图件。当水样点较多时,该法存在工作量大,作图难度大,分区界线的划分人为主观随意性强等缺点。为了避免上述问题,一些合理确定水化学类型分区界线的方法被相继提出。布罗德基分类是在假定各离子的毫克当量百分数在水样点区间上的变化是单调的、线性的,且在该区间存在有唯一一个组合类型转化分界点,该图可使水型分区的准确程度、详细程度大大提高,也使作图难度和主观随意性大大减少<sup>[19]</sup>。但当该方法在遇到水样点间不同离子组合对应的情况下,这时就有可能存在两个或以上的离子组合类型转换分界点,此时还需将水样点区间划分,使得工作量变的复杂。

随着GIS的不断发展,利用其强大的数据管理、空间分析和制图功能,实现基于Voronoi图和DTM的方法,对地下水化学类型进行空间分区<sup>[21]</sup>。Voronoi图又称泰森多边形,在ArGIS中,利用六大离子的属性,根据其毫克当量百分数的大小判断水样点的水化学类型,然后制作Voronoi图,根据属性判断某一区域的水化学类型;DTM的方法则是对水样点进行空间插值,计算六大离子在研究区的毫克当量百分数的分布情况,以25%为界,对六大离子中超过25%的离子进行水化学类型组合,即可生成任意点的水化学类型,即水化学类型分区<sup>[20]</sup>。但Voronoi图没有充分考虑信息在空间上的连续性和差异性,因此所生成的图像画面生硬,有大量的拐角;而DTM是通过空间插值实现的,弥补了上述缺点,生成的图形也较光滑。

由上述分析可知,对于水化学类型的分区有很

多方法。总体来说,空间插值所生成的水化学类型分区能反映出数据在空间上的变化特征,图形也具有较好的光滑度。但利用软件难免会简化和忽略某些特殊的水文地质条件,建议绘图者在绘图时,利用插值的同时,加上自己对研究区的理解,这样生成的图件会更加合理。

### 3.2 地下水水质评价和合理开发利用

目前地下水水质评价方法大致分两类:给定临界判据的指数法和函数法<sup>[22]</sup>。前者采取对各个单项水质指数叠加取平均值,该法掩盖了某些组分超标的情况,使得地下水质的污染程度大大降低,易造成评价上的错误;后者是通过函数关系把环境指标的监测值转化为反映环境质量优劣的质量值,该法弥补了指数法的一些缺点,也使得分类较为合理。函数法中的“模糊综合评价法”被用来对地下水水质进行评价。

模糊综合评价方法用于地下水水质评价的最大优点,是对地下水质量和级别之间过渡性的、界限不分明的问题,不是简单根据某一数字界限作出结论,而是通过对水质特征的综合、归纳,做出恰当的判断。

地下水水质评价图的绘制方法是:根据矿化度、总硬度、氯化物、硫酸盐、硝酸盐、亚硝酸盐、氨氮、砷、氟化物、六价铬、酚等指标,采用对各个指标进行评分,利用模糊综合评价方法对其进行评价,进而编制研究区地下水水质综合评价图,提取与饮水安全有关的地下水水质综合评价结果指标。不同质量级别的地下水,用不同颜色表示,并同时注明水质级别代号。由于不同行政辖区的地下水监测项目有所不同,因此很难确定出水水质评价的统一评价因子,故评价因子应根据研究目的,因地制宜的选取。

地下水开发利用现状图是反映目前开采状态下,地下水资源开发利用现状及其开发利用前景。图面主要用地下水开采模数、地下水开采程度和地下水开发利用前景等要素表示。

将地下水水质评价图和开发利用图综合起来表示,可清晰得出居民区所引用的地下水质量以及开发利用的程度,为合理规划地下水资源、正确指导居民饮水安全及地下水质的保护和改良提供了科学依据。

### 3.3 生态地球化学环境分区图

生态地球化学环境分区图是综合上述提取的地下水类型、富水性、地方病轻重程度、水化学类型、矿化度、砷、碘、氟的临界含量、地下水水质综合评价指标等,采用模糊综合评判的方法进行饮水安全评价,根据评价结果而编制的。模糊综合评价法能够客观

的反映水质级别的模糊性与连续性,使得综合评价结果具有明显的合理性。但是在权重的赋值时,专家的知识 and 经验不同,主观因素较大,具有一定的缺陷。因此可采用层次分析法确定各污染物的权系数,使其更有合理性,更符合客观实际并易于定量表示,进而提高模糊综合评价结果的准确性。值得注意的是:对各个指标所给出的权重应该随着研究区的不同而相应的变化;由于不同的污染物对水质的影响程度也不尽相同,因此在给出权重时,应参考专家意见。

在生态地球化学环境每一个分区上,也应该标注出或体现出评分值前三位的评价因子,这样在生态地球化学环境较为恶劣的地区,就可以根据这些评价因子来做出相应措施。如在氟中毒、砷中毒严重地区,实施改水、改水工程和改炉改灶等措施;在水质差的地区,实施安全饮水工程、另寻水源地等措施。

## 4 结 语

(1)在我国,地方病分布广、患者多,影响较为严重,不过大都可以通过一些相关措施来进行治愈和预防。为了能清楚的了解地方病区各种影响因素的分布、影响程度大小等的情况,对典型地方病区进行“生态地球化学环境图集”的编制是非常有必要的。

(2)结合前人的研究,分析可知:不同的地方病区其水文地质、地质环境特征各不相同,但不同区域的同一种地方病其水文地质、地质环境特征大致相同,因此地方病的分布大都有着明显的规律可循。

(3)提出典型地方病区生态地球化学环境编图的基本原则以及图件的内容和一些重要图件表示方法,以便能形成系统性、统一性的生态地球化学环境编图。

(4)对水化学类型分区和具体图件的编制作出相关说明,以及采取相关措施使得图件的绘制更美观、更合理、更有现实和指导性的意义。

## 参考文献:

[1] 张福存,文冬光,郭建强,等. 中国主要地方病区地质环境研究进展与展望[J]. 中国地质,2010,37(3):551-562.

[2] 陈华英,詹玉亭. 安溪县光德村地氟病区生态地球化学特征[J]. 物探与化探,2009,33(1):77-79.

[3] 龚建师,叶念军,葛伟亚,等. 淮河流域地氟病环境水文地质因素及防病方向的研究[J]. 中国地质,2010,37(3):633-639.

[4] 陈高武,唐将,杨德生. 三峡库区地方性氟中毒病区与非病区土壤氟地球化学[J]. 长江流域资源与环境,2007,16(3):379-383.

[5] 庞绪贵,王红晋,边建朝,等. 山东黄河冲积平原区地氟病与地球化学环境相关性研究[J]. 山东国土资源,2010,26(1):1-5.

[6] 汤洁,卞建民,李昭阳,等. 松嫩平原氟中毒区地下水氟分布规律和成因研究[J]. 中国地质,2010,37(3):614-620.

[7] 何锦,张福存,韩双宝,等. 中国北方高氟地下水分布特征和成因分析[J]. 中国地质,2010,37(3):621-626.

[8] 李向全,祝立人,候新伟,等. 太原盆地浅层高氟水分布特征及形成机制研究[J]. 地球学报,2007,28(1):55-61.

[9] 田春声,王丽艳. 关中盆地潜水化学特征及其变化趋势[J]. 西安地质学院学报,1993,15(Z):10-14.

[10] 王焰新,苏春利,谢先军,等. 大同盆地地下水砷异常及其成因研究[J]. 中国地质,2010,37(3):771-780.

[11] 唐小惠,郭华明,刘菲. 富砷水环境中微生物及其环境效应的研究现状[J]. 水文地质工程地质,2008,35(3):104-107.

[12] 张翼龙,曹文庚,于娟,等. 河套地区典型剖面地下水砷分布及地质环境特征研究[J]. 干旱区资源与环境,2010,24(12):167-171.

[13] 卞建民,查恩爽,汤洁,等. 吉林西部砷中毒区高砷地下水反向地球化学模拟[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2010,40(5):1098-1103.

[14] 田春艳,张福存. 宁夏银北平原地下水中砷的分布特征及其富集因素[J]. 安全与环境工程,2010,17(2):22-25.

[15] 李燕,王强,蒋成兴,等. 云南耿马孟定盆地高砷水成因及其危害[J]. 云南地质,2009,28(4):367-373.

[16] 于志恒,陈崇义. 世界卫生组织应重视高碘引起甲状腺肿的危害[J]. 中国地方病学杂志,2005,24(3):239-244.

[17] 张二勇,张福存,钱永,等. 中国典型地区高碘地下水分布特征及启示[J]. 中国地质,2010,37(3):797-802.

[18] 奚小环. 生态地球化学:从调查实践到应用理论的系统工程[J]. 地学前缘,2008,15(5):1-8.

[19] 潘和平. 一种合理确定水化学类型分区界线的方法[J]. 内蒙古学院学报,1998,20(4):71-75.

[20] 王大纯,张人权,史毅虹,等. 水文地质学基础[M]. 北京:地质出版社. 1995:60-62.

[21] 马雷,钱家忠,赵卫东. 基于GIS的地下水化学类型空间分区方法[J]. 煤炭学报,2012,37(3):490-494.

[22] 吴国金. 模糊数学法在地下水污染评价中的应用[J]. 江西地质,1999,13(3):232-237.