

地下水采样技术及《地下水采样技术规程》的编制

李小杰, 关晓琳, 郑继天, 叶成明, 冯建月, 王营超

(中国地质调查局水文地质环境地质调查中心, 河北 保定 071051)

摘要:地下水取样是地下水调查、监测中的一项关键技术工作, 必须要根据调查场地的条件和调查的目的选择合适的采样方法, 并严格按照操作规程进行采样, 以取得真实、有代表性的样品。本文在梳理常用地下水采样方法和采样器具的基础上, 介绍了行业标准《地下水采样技术规程》的编制过程及其主要内容。该规程内容涉及地下水现场测试样品、无机检测样品、有机检测样品、气体检测样品、同位素检测样品、专项样品(包括地热水样品和饮用矿泉水样品)等的采集要求、采样方法、样品保存、质量控制等。

关键词:地下水; 采样; 样品; 采样点; 采样器具

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2016)12-0090-05

Groundwater Sampling Technology and Compiling Process of "Groundwater Sampling Technique Regulation"/ Li Xiao-jie, GUAN Xiao-lin, ZHENG Ji-tian, YE Cheng-ming, FENG Jian-yue, WANG Ying-chao (Center for Hydrogeology and Environmental Geology, CGS, Baoding Hebei 071051, China)

Abstract: For the investigation and monitoring of groundwater, appropriate sampling methods should be selected according to the conditions of the survey site and the purpose of the investigation and strictly follow the sampling operation procedures in order to obtain real and representative samples. On the basis of sorting out the common ground water sampling methods and sampling apparatus, this paper introduces the compiling process of the industry standard "groundwater sampling technique regulation" and the main contents. The regulation content involves sample collection requirements, sampling methods, samples storage and quality control of groundwater field test samples, inorganic and organic test samples, gas test samples, isotope test samples and the specific samples such as geothermal water and drinking mineral water samples.

Key words: groundwater; sampling; sample; sampling site; sampling equipment

0 引言

地下水是水资源的重要组成部分。据估算, 我国地下水天然资源约为 8288 亿 m^3 /年, 占我国水资源总量(河川径流量和地下水量)的 30% 左右, 能够直接利用的地下水水资源为 2900 亿 m^3 /年。全国有近 70% 的人口饮用地下水。然而, 随着经济社会的发展、人口的增加、城镇化进程的加快, 我国的地下水资源紧缺状况越来越严重。此外, 不合理的开发利用、浪费以及水体污染更加剧了地下水的危机。《2015 中国国土资源公报》显示, 根据布设在全国 202 个地市级行政区的 5118 个地下水水质监测点(其中国家级监测点 1000 个), 依据《地下水质量标准》(GB/T 14848—93)对地下水进行综合评价, 水质呈较差级的监测点 2174 个, 占 42.5%; 水质呈极差级的监测点 964 个, 占 18.8%。污染比例超过了

60%。

地下水的合理开发利用对我国社会经济发展和生态环境建设具有十分重要的作用, 这一领域已成为国家和地方政府以及社会投资的热点, 尤其是地下水调查评价和监测方面更是得到了前所未有的重视。如针对地下水监测, 国土资源部和水利部联合启动了“国家地下水监测工程建设”, 该重大工程财政投资 20 多亿元, 共布设 20401 个地下水监测站点, 覆盖 31 个省、区、市及新疆生产建设兵团, 涵盖了全国 7 大流域和 16 个重要水文地质单元。据《2015 中国国土资源公报》, 2015 年新建监测井 300 个, 改建监测井 50 个, 钻探总进尺 38611 m, 主要部署在河北省、山东省、河南省和江苏省。

地下水取样在地下水调查、监测中是一项非常重要的技术工作, 它的成败对取得的地下水资料的

收稿日期: 2016-08-30

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“《地下水采样技术规程》制定”(编号: 12120115053701)

作者简介: 李小杰, 男, 汉族, 1979 年生, 高级工程师, 从事水文地质环境地质钻探技术研究工作, 河北省保定市七一中路 1305 号, lixiaojie212@163.com。

真实性至关重要。所以要根据调查场地的条件和调查的目的选择合适的取样方法,并严格地按照操作规程进行采样,以取得真实、有代表性的样品。

目前我国还没有专门的地下水采样技术规程来指导地下水采样工作,使得地下水采样各项工作缺乏基本依据和准则。就目前情况看,从事地下水采样队伍基本上是各自为战,无章可循,各行其是,样品质量差、不具代表性等问题频现。为此,2015 年,中国地质调查局启动了行业标准《地下水采样技术规程》的编制工作。在梳理我国地下水采样新技术、新方法、新器具、新材料等的基础上,确定地下水采样器、采样方法、样品保存、质量控制等技术要求和操作方法,制定《地下水采样技术规程》,规范地下水的采样工作,提高地下水调查采样质量。

1 地下水采样技术

1.1 地下水样品的分类

依据地下水样品检测项目的不同,地下水样分为现场检测、无机组分检测、有机组分检测、气体组分检测、同位素组分检测和专项检测 6 个种类。有机组分检测又进一步分为半挥发性有机物和挥发性有机物两类。专项检测包括地热水样品和饮用矿泉水检测。

1.2 采样方法

1.2.1 手持采样器具采样

在井口、泉口、矿坑口或地下河流等采样点,地下水能够用手触到时,可采用手持样品容器直接采样。

1.2.2 抽取采样

在钻孔监测井生活、生产和农用灌溉井等采样点,地下水水位较深,不能够用手触到时,可安装符合采样要求的抽水泵(潜水电泵、惯性泵、气囊泵、蠕动泵等),从水泵支管或排水管口采样。该方法适用于地下水垂直混合样品采集。

1.2.3 定深采样

在钻孔、监测井、生活、生产和农用灌溉井等采取地下定深处水样时,将定深采样器放至井中指定深度处,使它灌满水,然后将其提至地面,并将水样转入采样容器中。该方法适用于样品的来源是已知的情况和不稳定性分析参数的采样。

1.2.4 钻井采样

在钻挖井过程中,用抓斗式采样器或气提泵采

集样品。该方法适用于了解劣质地下水所处的水平位置和研究含水层内地下水水质沿垂向变化情况。

1.2.5 分层采样

止水材料将目的含水层(组、段)与其它含水层隔离,含水层使用砾料充填成井,再利用分层取样系统采取不同层位的地下水样品,查明含水层的埋藏条件和分布范围、各含水层(组)的水位、水质、水温、水量等水文地质资料。

1.3 采样器具

1.3.1 敞口定深采样器

敞口定深采样器是一个在底部装有止回阀(向下移动时打开,向上移动时关闭)的圆筒容器(如图 1 所示)。当采样器沉入水中时,它的口是敞开的,水不停地流入采样器中,到达预定深度后启动机械装置,从而关闭采样器底端的盖子,取到所需深度的样品。该采样器适用于在近水面位置采取水样,尤其适合人工开凿的大口径井采取水样。敞口定深采样器直径一般在 50 ~ 150 mm,容量在 1 ~ 5 L。

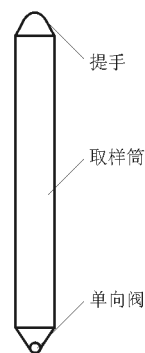


图 1 敞口定深采样器示意

1.3.2 闭合定深采样器

闭合定深采样器是一种能采集不同深度水样的采样器。这类采样器一般为排空式设计,由两端开口、并带有开合盖子控制装置的管子或圆筒组成(如图 2 所示)。到达预定深度启动机械或电控制装置,从而打开采样器两端的盖子,水进入采样器中,取到所需深度的样品,而后关闭采样器两端的盖子提出井口。这种采样器能够从漂浮的油及其它物质之下采取有代表性的地下水样品,可以在采样器设定的范围内采取任意深度的地下水样品。闭合定深采样器直径一般在 50 ~ 100 mm,采样容量在 1 ~ 5 L 之间,采样深度在 500 m 以浅。

1.3.3 分层采样系统

对于单管柱地下水多层监测井以及经分层

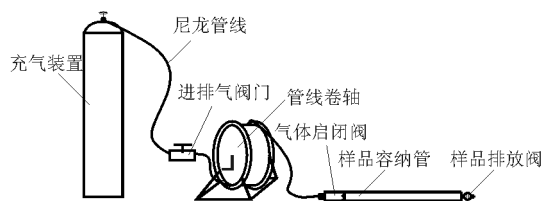


图2 FFS-A型闭合定深采样器示意

填砾、分层止水的水文地质勘探孔(井)和供水管井,由于目标含水层岩性以及钻进、成井对地层影响上的差异,传统的化学、活塞、空压机等常用洗井方法,难以对每个目标含水层均达到彻底、有效的清洗,特别是对大厚度的目标含水层更不易达到。为破解地下水多层监测井特别是大厚度目标含水层洗井难以彻底的技术难题,我单位研发了分层封隔、压缩空气振荡的地下水管井分层抽水采样技术。

分层抽水采样系统主要由充气封隔系统、抽水系统、压力传感系统组成(如图3所示)。充气封隔系统由地面的高压氮气、压力调节器、500 m的充气管线、止水双封隔器气囊(上封隔器为过电缆封隔器)组成。抽水系统由地面供电系统,位于上、下封隔器气囊间的过滤器,专用水泵,电缆及出水管组成。压力传感系统由下封隔器气囊上部的自动记录传感器、水泵上的压力传感器及连接电缆、地面显示器及便携式计算机组成。

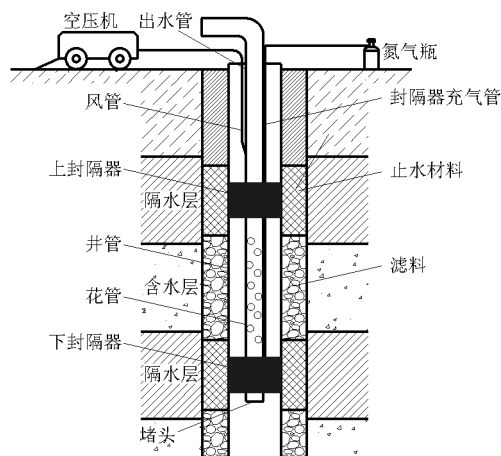


图3 分层抽水采样系统示意

采取样品时,将上、下充气封隔器下入井(孔)中需要止水的位置,两封隔器间的井(孔)滤水段为采样目的层段。由地表充气系统提供的高压气体经压力控制装置调节后,通过充气管线供给孔内的充气封隔器,在高压气体的作用下封隔器胶筒膨胀紧贴井(孔)壁,使采样目的层段与其上、下的非目的

层段隔离。由安装于上充气封隔器之上或装于两封隔器间的潜水泵将采样目的层的地下水抽至地表采样,这时安装在两个封隔器间的监测系统自动记录下地下水变化的情形,达到分层抽水和采样的目的。

2012年,在黑河流域实施的 West bay 监测井的先导井中对分层抽水系统进行了分层洗井试验。West bay 监测井的先导井成井结构如下:一径到底井身结构、管外分层填砾分层止水、成井深度 250 m、分层层数 12 层、井管规格 $\varnothing 133 \text{ mm} \times 4.5 \text{ mm}$ 不锈钢井管、填砾厚度 133.5 mm。试验中,从最上的目的层开始逐一对该井的 12 个监测目的层进行分层抽水采样(图4)。



图4 分层抽水采样系统试验现场

通过该井分层抽水采样试验证明,系统封隔效果良好,系统的各项指标达到了设计要求。

2014—2015年,在黑河流域重点地区水文地质调查和三江平原高标准农田区水文地质调查项目中,针对传统洗井方法难以实现对大厚度含水层彻底洗井的问题,利用 $\varnothing 158$ 和 195 mm 分层抽水采样系统,分别对项目中所实施的 $\varnothing 225 \text{ mm}$ PVC-U 井管、 $\varnothing 273 \text{ mm}$ 钢质井管和 $\varnothing 325 \text{ mm}$ 钢质井管勘探孔(井)进行了分段封隔、振荡洗井,显著改善了大厚度含水层的洗井、采样效果,提高了获取水文地质参数的工作精度。

1.3.4 气体置换式地下水采样器

结合国土资源部公益性行业科研专项,我单位研制的新型气体置换式地下水采样器,利用气体驱动原理置换地下水,能方便、快速、准确地获取小直径、大深度监测井中的地下水样品。该种采样器包括地面控制系统和井下采样系统2部分:地面系统包括动力组件、管线及绞车系统、取样控制组件、样品采集容器等;井下采样系统包括上下封隔器(上封隔器过管线设计)、进水窗口、单向阀组件和丝堵

等。如图5所示。

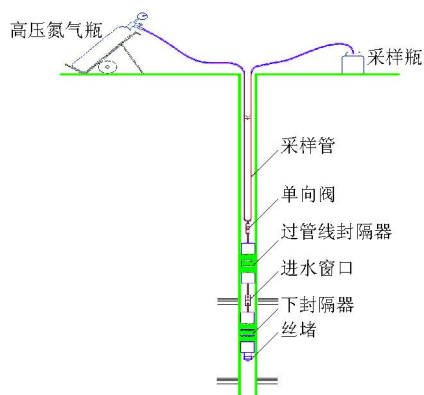


图5 气体置换式地下水采样器示意

2 《地下水采样技术规程》的编制

2.1 工作任务

2015年6月,根据市场需求,项目组提出并经过中国地质调查局组织的专家评审,确定了“调研我国地下水采样新技术、新方法、新器具、新材料,结合现阶段工作需求,确定地下水采样器、采样方法、样品保存、质量控制等技术要求和操作方法”作为编制《地下水采样技术规程》的工作任务。

2.2 编制思路

地下水采样中,不同的采样点、不同的样品种类和检测项目会涉及到多种不同的采样方法。地下水样品种类如何划分和采样方法如何描述,是困扰项目组的关键技术问题。在编制的初期,参考国外相关标准,主要为监测井采样,我们的编制内容也主要放在地下水样品采集、地下水采样器、地下水监测井建造、地下水采样前水井清洗、地下水采样(包括提桶采样、定深采样器采样、惯性采样泵采样、气囊采样泵采样、蠕动采样泵采样、气提采样、潜水电泵采样、U形管采样器采样、分层采样系统采样)等采取方法上,重点对各种采样器具的使用、操作做出规定。经过专家讨论认为,在地下水采样工作中,采取到符合试验目的的样品才是关键,因此本标准应以各种样品采取的方法及保存为重点,而不是以采样器具操作为重点,要突出每种样品采集和保存、运送实验室的规定及要求。

经过多轮的研究和讨论,理清了《地下水采样技术规程》的编制思路。

(1)本标准应适用于水文地质、工程地质、环境地质工作中地下水采样工作,其他类似工作可参照

执行。

(2)地下水样品种类应按照样品目的划分,采样方法按照样品种类来制定。

(3)检测项目和分类按照行业标准《地下水质量标准》和《区域地下水污染调查评价规范》划分,增加地热水和矿泉水采样方面的内容。

(4)对于每种样品的采取要求,均按照采样前准备、样品采取、质量控制的顺序进行编写,比如在编写“有机检测样品的采取”时,首先写采样前的准备,包括采样井清洗、采样瓶准备、低温保存箱或冰袋的准备、保护剂的准备等。

2.3 内容总览

《地下水采样技术规程》的主要内容有:第1章范围、第2章规范性引用文件、第3章术语和定义、第4章总则(包括:地下水样品种类与要求、样品采取要求、采样点要求、采样设备、样品容器的选择与洗涤)、第5章样品采取(包括:现场测试样品采取、无机检测样品采取、有机检测样品采取、气体检测样品采取、同位素检测样品采取和专项水样采取)、第6章样品保存与运输(包括:贮样容器材料要求、贮样容器密封、样品存放、样品运输)、第7章质量控制(包括:采样质量基本要求、样品质量影响因素与控制措施、采样质量保障措施和采样质量检查)和3个附录。

2.4 主要内容

2.4.1 取样点

地下水的采样点主要包括泉、地下暗河、矿坑、地热等地下水出露点,钻孔,监测井,生活、生产和农用灌溉井(新建井、抽水井、停用井),矿坑井等。

2.4.2 样品分类

样品的分类既要涉及到所有地下水,又要体现不同类别的水样品不同的采取方法和要求,不同的保存条件。经过多次的研讨修改,最后确定样品和种类按照样品要检测项目来划分,分为:现场测试样品,无机检测样品,有机检测样品,气体检测样品,同位素检测样品,专项样品(包括地热水样品和饮用矿泉水样品)。

2.4.3 采样方法

地下水采样方法主要有手持采样器具采样、抽取采样、定深采样、钻井采样、分层采样等。

2.4.4 采样器具

收录本规程的采样器具有:敞口定深采样器、闭

合定深采样器、惯性泵、气囊泵、气提泵、潜水泵、离心泵。采样器具材质包括塑料、复合材料、金属和其他材料。

2.4.5 地下水采样

(1)现场检测的样品,在采样点达到要求后进行采样,并立即进行现场检测。

(2)检测无机组分的样品分为较稳定组分水样、侵蚀性 CO_2 检测水样,检测微量金属和非金属离子水样,检测硫化物分析水样,检测总 α 放射性、总 β 放射性水样和检测大肠杆菌和细菌总数水样。并对6种样品的采集做出了规定。

(3)检测有机组分的样品分为检测有机化合物水样、检测挥发性有机物的水样、检测半挥发性有机物的水样、检测农药的水样。并对4种样品的采集做出了规定。

(4)检测气体组分的样品分为检测溶解气体(N_2 、 Ar 、 CH_4 、 O_2 、 CO_2 和 ^4He)含量样品,检测惰性气体(He 、 Ne 、 Ar 、 Kr 、 Xe 、 ^3He 、 ^4He)样品,检测地下水溶解气体(绝对)含量样品,检测逸出气体样品,检测地下水溶解气体样品。并对5种样品的采集做出了规定。

(5)检测同位素的样品分为检测 ^{18}O 和 ^2H 样品、检测 ^3H 样品、检测 ^{14}C 样品、检测 ^{13}C 样品、检测CFC(氟氯化碳)样品、检测 SF_6 测年样品。并对6种样品的采集做出了规定。

(6)专项水样分为地热水样和饮用矿泉水2种,遵照《地热资源地质勘查规范》(GB/T 11615—2010)和《饮用天然矿泉水检验方法》(GB/T 8538—1995)执行。

2.4.6 样品的保存与送检

样品的保存与送检部分内容也是本规程的重要组成部分。包括每种样品在送实验室之前的保存、运输和实验室交接程序的规定。保存又分成原样保存、酸化保存、碱化保存等,并规定了不同的保存条件。

3 结语

《地下水采样技术规程》是指导地下水采样的

技术文件,是地下水采样各项工作的基本依据和准则。编制的《地下水采样技术规程》的内容既包含了地下水采样各项生产工序的技术要求及有关工艺操作规定,也包含了地下水采样机具与样品容器、采样质量、安全及环境保护等的具体规定要求,技术内容力求全面、合理、实用。《地下水采样技术规程》发布实施后,能够改变地下水采样无章可循、各自为战的状况,使得全面提升我国地下水调查采样质量成为可能。

《地下水采样技术规程》为首次制定,在编制过程中,编者力求标准具有最广泛的代表性、适用性和可操作性,但由于能力所限,编制的标准难免有欠缺,希望同行多提宝贵意见。

通过几年的钻探标准的制定、修订工作,我们收获了一些标准制修订方面的经验和体会,提出了一些粗浅的认识,可为其他钻探标准的制定提供参考。

参考文献:

- [1] 郑继天. 国外地下水污染调查采样技术综述[J]. 勘查科学技术, 2005, (6): 21-23.
- [2] 卢予北, 李艺, 陈莹, 等. 国家地下水监测井建设关键问题研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(6): 1-6.
- [3] 李小杰, 潘德元, 叶成明, 等. 气体置换式地下水采样器的研制与试验[J]. 人民长江, 2015, 46(1): 43-45.
- [4] 文冬光. 中国二氧化碳地质封存选址指南研究[M]. 北京: 地质出版社, 2012.
- [5] 郑继天. 地下水污染调查采样技术[C]//中国地质学会水文地质专业委员会. 第四届海峡两岸土壤及地下水污染与整治研讨会论文集. 北京: 地质出版社, 2009: 221-225.
- [6] 中国地质调查局. 水文地质手册[M]. 北京: 地质出版社, 2012.
- [7] 徐智彬, 等. 水文地质勘查方法[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 2013.
- [8] HJ 493—2009, 水质采样样品的保存和管理技术规定[S].
- [9] HJ 494—2009, 水质采样技术指导[S].
- [10] HJ 495—2009, 水质采样方案设计技术规定[S].
- [11] DZT 0064. 2—1993, 地下水水质检验方法水样的采取和保存[S].
- [12] DZT 0288—2015, 区域地下水污染调查评价规范[S].
- [13] DD 2014—15, 地下水污染调查评价样品分析质量控制技术要求[S].