

地下水功能评价指标选取依据与原则的讨论

王金哲 张光辉 申建梅 聂振龙 严明疆
(中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 石家庄 050021)

摘要: 地下水功能评价是实现地下水可持续利用和有效保护生态及地质环境的重要基础, 而评价的关键是指标的选取。本文在遵循主导性、可度量、可操作、覆盖面广和灵活性原则的基础上, 考虑地下水功能的影响因素、表征特征, 从地下水系统的驱动、状态和响应因子中筛选出地下水功能评价的指标, 从而为地下水功能评价建立了一套行之有效的指标集。

关键词: 地下水功能; 评价指标; 依据; 原则

中图分类号: P842.5⁺ 1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3665(2007)02-0076-06

地下水功能评价是近年来提出的概念, 在国际上为新的研究方向和内容, 在国内更是刚刚涉足, 它的定义、评价方法、评价体系、评价模式等, 在国内还处于探索阶段。要进行地下水功能评价, 首先要筛选评价指标, 它是整个地下水功能评价工作的基础, 指标选取是否合适决定整个地下水功能评价功能工作的成功与否。那么, 如何选取地下水功能评价的指标, 笔者就目前从事的地下水功能评价方法研究给出一套适合北方地区可行的指标集, 根据此指标集在华北、西北和东北地区一些典型流域开展了地下水功能评价与区划工作, 经验证, 得到的地下水功能评价与区划结果基本与当地实际情况吻合。因此, 本文结合工作实际, 对地下水功能评价指标的选取过程做一些探讨。

1 地下水功能评价的理由和内容

地下水功能是指地下水的质和量及其在空间和时间上的变化, 对人类社会和环境所产生的作用或效应, 主要包括地下水的资源供给功能、生态环境维持功能和地质环境稳定功能^[1]。

地下水功能评价是水文地质工作的新内容, 它是顺应地下水的发展过程而产生的。在不同的时期有相应的问题, 为解决这些问题, 水文地质工作者做了相应的研究, 提出不同的看法。例如, 对地下水从最初的“取之不尽, 用之不竭”的态度到现在“地下水枯竭”、

“含水层疏干”等概念的出现, 就可以看到对地下水的认识是不断更新的过程。

近年来, 由于气候和人类无序开采地下水资源, 使得地下水资源日益枯竭, 地下水位降落漏斗普遍向大范围 and 深层次发展, 地下水污染问题更是影响深远, 这些问题都造成可利用地下水资源的减少。地下水除了在水量 and 水质方面发生重大变化外, 作为生态系统的重要支撑基础, 地下水位的持续下降导致生态系统的退化, 主要表现在湿地萎缩、地表植被面积减少、覆盖率降低、土地沙化加重、土地荒漠化范围扩展、土地盐渍化等。地下水不仅具有资源供给和生态系统保护的功能, 还有维持环境地质安全的作用, 地下水超采, 导致地下水水位持续下降, 地下压力系统和水盐平衡受到破坏, 地质环境方面的塌陷、地面沉降、海咸入侵等灾害频发。而且对地下水资源的过度索取, 改变区域地下水系统和生态环境结构, 使得地下水系统渗透能力、系统的蓄水和水体自净功能降低。上述都是地下水面临的主要问题, 是地下水系统服务功能丧失和受到破坏的外在表现, 是地下水系统完整性受到严重影响的集中反映。而所有这些都对社会经济系统产生负作用, 制约了人类生活水平提高的幅度和牵制了社会经济发展的速度。

以消耗资源、牺牲环境为代价的开发利用现状, 急需按新的理念和评价方法改变, 以往的工作, 偏重地下水赋存条件的研究, 对环境和生态属性功能评价重视不够^[2]。地下水资源可持续利用程度及趋势预测研究深度, 不能适应国民经济对地下水前瞻性要求。把地下水的资源功能、生态功能和地质环境功能揉和在一起综合考虑, 实现地下水可持续利用和有效保护生态及地质环境是对当前地下水评价工作的客观要求。因此, 地下水功能评价是包括资源、生态和地质环境功能

收稿日期: 2007-10-15; 修订日期: 2007-12-17

基金项目: 地科院重点实验室、所基本科研业务(SK07022)和973项目(2006CB403400)资助

作者简介: 王金哲(1969-), 女, 副研究员, 主要从事地下水资源和环境影响评价研究。

E-mail: 5885970@sina.com

的综合评价。

2 地下水功能影响因素

地下水功能的基础是以地下水为主体构成的一种特定的系统,即地下水系统,系统功能是系统内外相互关联、相互作用的结果。根据影响作用力来源的不同,地下水功能的影响因素分为自然因素和人为因素。

2.1 自然因素

自然因素包括基质、动能两大因素^[3]。地下水功能的基质因素主要由地质构造、地层特征、地貌特征、地表组成物质、地表植被等因子组成,是地下水功能评价的物质基础。动能因素主要为气候因子,是地下水功能演化更替的能量基础。

地质因子: 主要指地质构造运动,包括抬升、凹陷、断裂等,它决定某一地区地貌形态和地层特征,导致地下水系统的差异和变化,从而影响地下水功能的某些属性。

地层特征: 主要指地层的岩性、厚度、砾石、粗砾、粗砂、中砂等岩性以及分选性不同,含水层的孔隙度就不同。含水层的岩性、厚度决定该区的储水、给水能力。地下水资源丰富程度不同,相应的供给人类开采的程度就不对等,一系列因素都影响着地下水的资源功能。

地貌特征: 山地、平原、丘陵、河谷等地貌不同地区,由于地表覆盖物的性质以及坡降比等不同条件的限制,造成地表水的汇水、径流条件不同,如地表为粘性土或岩石类,不利于降水入渗,坡降比则极大影响地表水的径流速度和方向,而这些因素都影响地下水的补给,从而导致不同地区地下水系统自然属性的差异。

地表植被: 不同地区,地表植被的种类、覆盖度不同,对地下水的影响、需求也不同,而且随着地下水水位的改变,地表植被的种类和覆盖度还会有相应变化。地表植被滞缓地表径流的流失,延长地表水入渗时间,从而提升对该区地下水补给的能力。

气候因素: 主要指降水对地下水功能的影响。尤其在目前北方河道断流,水库防渗、渠道衬砌等条件下,降水变成地下水得到补给的重要有效来源。同等条件下,降水量较大地区,地下水资源就相对丰富,在相同消耗程度下,地下水的空间分布没有明显改变,对所在环境的服务功能就不会减弱。

2.2 人为因素

人类的生存和发展离不开资源和环境,人类一方面通过开采地下水,改变地下水资源和环境来满足生

产和生活需求,另一方面,地下水资源和环境又以自身质量和数量分布情况制约人类的发展。如果人类活动处于地下水资源和环境的承载及再生协调能力之内,地下水资源、生态和地质环境功能就保持在稳定的状态,否则,发生强烈变化,产生逆向演替。人类影响地下水功能的活动主要体现在如下几个方面:

(1) 过度开采地下水。在 20 世纪 50、60 年代,地下水系统保持一种自然动态平衡,随着生产力的提高和人类生活水平的进步,人类开采地下水的步伐加快,从 70~ 80 年代的局部地区地下水位下降到 90 年代区域性地下水位下降,一直到目前的多个集中开采区出现地下水位降落漏斗,局部地区出现含水层疏干,地下水系统发生巨变。地下水水质和量的稳定是生态系统良性发展的重要环节,是地质环境不被破坏的保证。

(2) 滥施化肥、过度喷洒农药。化肥、农药的使用对地下水有着重要影响,附着在土壤中的某些元素通过溶解、淋漓过程进入地下水中,从而改变地下水水质,相应的导致地下水功能的变化。

(3) 不合理灌溉。在很多地表水丰富地区存在农业灌区,合理的地表水灌溉使地下水得到适当的补充,过度引用地表水则会造成灌区地下水位升高,出现盐渍化现象,使地下水环境恶化。而且,盐渍化使土地质量降低,土壤肥力下降,以其为依附的地表植被就受到影响,不合理灌溉引发地下水功能的一系列响应变化。

(4) 人类工程建设。地表拦蓄工程的修建拦截了出山径流,减少了河道对地下水的垂直补给和侧向径流补给,地下水库的修建截断了地下水的自然流场,城市建设和高速公路的发展扩大了硬化路面的面积,改变了降水和地表水入渗的下垫面条件,等等。总之,人类各种工程建设或强或弱地影响地下水的特征值。

(5) 环境污染。随着工农业的发展,一些附属产物也随之产生,如含污染成分的工业废水等。由于我国目前废水处理的程度低,而且管理体制不规范,大量的工业和生活废水被随意排放,污染了本地区的地表水、地下水,还随地下水、地表水的流向,线状污染流经地区。还有加油站、工厂等一些点状污染源,也不同程度的影响地下水功能。

3 地下水功能表征因子

自然界或人为因素对地下水功能的影响程度与资源、生态和地质环境功能相应的变化程度是相辅相成的。在地下水功能评价中,地下水功能的变化虽然是定量表示,但它不是简单的数据表示,而是通过地下水功

能多种表征因子表现出来。因此,筛选地下水功能评价指标不仅要考虑地下水功能的影响因素,还要考虑地下水功能的表征因子。地下水功能是以地下水为主体构成的一个完整的流域尺度地下水循环系统,是由驱动因子群、状态因子群和响应因子群组成的“驱动-状态-响应”体系,也就是,地下水功能的表征因子是地下水循环系统的驱动因子群、状态因子群和响应因子群。

“驱动因子群”是指驱动地下水系统(功能)变化的影响因子,主要由表征和描述促使地下水补给、径流和排泄等因素变化的因子群组成,例如降水量变化、地表水径流变化、地下水开采量和土地利用等。该类因子在地下水功能评价中占有相当重要的地位,是地下水功能变强或变弱的原始动力和根源。根源探查明白,通过采取相应的措施改变此类因子,可促使地下水功能向更强、更有利于人类的方向改善。在地下水功能评价方法研究中驱动因子简单明确,不是太复杂,而且指标定量表达的较多,所需数据都可以通过相关部门获取,可操作性,易于获取。在不同地区,该类因子有明显的不同,是不同地区地下水功能表现差异的外因。

“状态因子”是指描述地下水系统(或功能)状态的因子,主要由表征和描述地下水数量和质量、储存和运动变量特征的因子群组成,例如地下水位、储存量、可利用资源量等。该类因子在地下水功能评价中有关键作用,可通过多方面反映地下水系统的现状,给出有关地下水功能属性信息,有助于管理者评估地下水系统现状,帮助确定目前地下水功能是否满足可持续发展的需求,并依此制定相关的政策和法规限制不利因子的继续拓展,从而强化有利因子。该类因子群包含的数目较多,有些繁杂,多为定量表示,都反映地下水系统的某一方面特性,可以通过相关的地下水评价项目资料搜集。

“响应因子”指由于地下水系统(或功能)状态变化而引起水资源供给能力和环境等方面变化的因子,主要由描述和表征地质和生态环境现状和质量的因子群组成,也就是由表征和描述湖泊、湿地、土地、绿洲、泉流量、地面沉降和植被等变化的因子群组成,例如湖泊深度、湖泊面积、土地肥力、湿地面积、地面沉降量、泉流量和植被覆盖度等。该类因子是地下水功能的外在表现,涉及面比较广泛,通过建立与地下水之间的关系,确定地下水功能的强弱,对社会经济发展、保持良好的生态环境和维持地质环境的安全有着警示意义。而且,通过响应因子的变化情况,可以提示地下水功能产生的正、负效应,提醒相关部门采取有效措施防止不

利因素的产生。该类因子群涵盖的名目比较繁多,定量表达的较多,也有定性表示的。在地下水功能评价中,主要选取与地下水位紧密相关的,及能够综合衡量地下水系统变化态势的可量化因子作为地下水功能评价的指标。

4 指标选取遵循的原则

根据上述对地下水功能影响因素和表征因子的分析,得到多种评价地下水功能的指标,由于反映地下水功能因素和表征因子的指标多种多样,如果机械的、不加选择的把所有指标囊括纳入指标体系,指标集将会庞大和繁杂,在进行地下水功能评价工作时,不仅加大工作量,而且还会冲淡主导因素的作用,为评价工作带来误差,导致评价工作的不准确。为了避免上述情况,必须采取一定的手段和方法对地下水功能评价指标进行精简。在参阅成功评价脆弱生态环境、可持续水资源管理筛选建立指标体系的基础上,确立以下地下水功能评价指标选取的原则:

第一,主导性原则。在地下水功能评价中,由于影响资源、生态和地质环境功能的因素较多,表征因子繁杂,其中关系错综复杂,有的交叉,有的似乎毫不相关,因此很难选用一个或几个指标来评价。但是如果把所有影响因子或表现因子全部列入地下水功能评价指标,则指标体系将会十分繁杂。因此,建立指标体系时有目的、有侧重地选取一些表现力强,与资源、地质环境和生态功能关系密切的因子,这些因子的变化直接或间接影响导致资源、地质环境和生态功能的数量和质量的变化,也就是选取主要影响因子。

第二,可度量原则。量化问题也是指标选取的原则之一。地下水功能评价与区划研究的对象系统界定在资源、生态和环境的复合系统上,在这个复合系统中,资源、生态和环境三大功能相互作用构成了有机的整体,服务于研究区地下水系统。如果只是定性分析,很难给人明确的概念,而从量化的角度表示三大功能的作用效果,则可以更加直观反映研究区的地下水功能现状,从而预警目前的不利现状,有助于人们采取有效的措施对其进行改观。因此,指标选取时要注意指标的可度量性。

第三,可操作性原则。主要因子选取时还要兼顾指标的可操作性(即指标的易获取性)。选取的指标为影响和反映地下水资源、生态和环境地质功能的简单易解释因子,如地下水监测数据,数据易于获得且具有选择、比较性。随着时间的变化,通过更新数据就可以

表示、泉变化用泉流量等,湖泊环境状况可以用湖泊深度或湖泊面积表示,但仅仅这类变量不能反映湖泊环境与地下水系统之间存在的内在关系,它只是环境状况的单方面描述。因此,为了使生态环境、地质环境与地下水系统之间建立某种联系,必须引入一类变量,分别在生态系统和地质环境与地下水系统之间搭建桥梁作用。

目前,生态需水量和临界地下水位是生态系统和地下水系统之间研究最为广泛的概念,也是生态系统最为引起关注的问题,这两者对生态系统的发展有着支撑作用。比较生态需水量和地下水位,计算或评价生态需水量的步骤比较复杂,考虑因素众多,而地下水位则相对较简便,且易于监测。因此,选择地下水位作为生态系统与地下水系统之间的桥梁,用生态因子与地下水位之间的关联度关系来描述生态功能的指标,综合考虑生态系统的多方面反映方式,总结生态功能的指标有下列几种:湖泊环境与地下水关联度、景变指数与地下水关联度、水环境矿化与地下水关联度、氮磷指变与地下水关联度、草场变化与地下水关联度、天然植被变化与地下水关联度、绿洲变化与地下水关联度、土地沙化与地下水关联度、土地盐渍化与地下水关联度和土地质量与地下水关联度。地质环境对地下水系统变化最明显的响应表现为地面沉降、海咸入侵以及泉流量衰减,甚至泉水断流,这些因子都可定量表达,而且与地下水系统的水位有着密切关系。因此,通过“关联度”建立起这类因子与地下水位之间的关系,选取为地下水功能评价的指标,分别为地面沉降与地下水关联度、海咸入侵与地下水关联度、泉变化与地下水关联度指标。长期区域性地下水位变化不仅导致上述

可观察到的负面效应,而且,还导致了一些可以通过试验数据验证的变化,如地下水补给变化和地下水质量变化。因此,把地下水补给变率与地下水位变差比和地下水质量与地下水位关联度也作为响应性指标。

6 小结

地下水功能评价方法研究提供的评价指标集共包含有30个指标,有单一变量表示的指标,也有通过“关联度”和“比率”表示的指标,几乎囊括了地下水功能所包含的资源、生态和地质环境功能的影响因素和表征因子及结果因子,对不同区域进行地下水功能评价时可以根据实际情况进行对所采用的指标进行增减。指标集建立时遵循的主导性、可度量、可操作、覆盖面广、灵活性原则,从而为地下水功能评价的准确性和可行性奠定基础。采用这套指标对华北平原、西北地区的疏勒河流域、新疆准噶尔盆地、宁夏平原和山西六大盆地,东北地区的西辽河平原和松嫩平原进行地下水功能评价和区划,所得结果与实际情况基本吻合,从而为这套指标的可行性提供了很好的佐证。

参考文献:

- [1] 张光辉. 区域地下水功能及可持续利用性评价方法理论与方法[J]. 水文地质工程地质, 2006, 4: 62-66.
- [2] 张光辉. 海河平原地下水演化与对策[M]. 北京: 科学出版社, 2004.
- [3] 赵跃龙. 脆弱生态环境定量评价方法的研究[J]. 地理科学进展, 1998, 3: 67-72.
- [4] 夏军. 可持续水资源管理- 理论、方法、应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.

Discussing foundation and principle on choosing evaluating index of groundwater function

WANG Jin-zhe, ZHANG Guang-hui, FEI Yu-hong, SHEN Jian-mei, NIE Zhen-long, YAN Ming-jiang
(Institute of hydrogeology and Environmental Geology, Shijiazhuang 050061, China)

Abstract: Evaluating groundwater function is the important basis of realizing groundwater sustainable utilization and protecting availability zoology or geology circumstance, in the through of evaluating groundwater function, the key is to chose index. Basing on following leading, measuring, operating, mantling wide and agility, this paper thinks over influencing factor and behaving character of groundwater function, filtrates the evaluating index of groundwater function from driving and state and response gene. Through the course, this paper sets up a suit of effective index

aggregate for evaluating groundwater function.

Key words: groundwater function; evaluate index aggregate; foundation; principle

责任编辑: 王 宏

“浅层地温(热)能资源特性及评价方法对地源热泵工程意义研讨会”在北京召开

由中国资源综合利用协会地温资源综合利用专业委员会和中国地质环境监测院联合举办的“浅层地温(热)能资源特性及评价方法对地源热泵工程的意义研讨会”2月23日在北京召开。参加本次会议的有国土资源部环境司、中国地质调查局水环部、北京市国土资源局等诸多有关水文地质与暖通空调专业的企、事业单位及大专院校40多位代表。与会代表对浅层地温能的特性、评价方法等基础问题,对地源热泵工程建设的作用与意义展开了热烈讨论。

国土资源部地质环境司副巡视员陈小宁指出:地源热泵技术推广应用方面政府做了三件事:

1. 支持相关的技术研发工作,在地质学领域加强对浅层地温能的规划、调查和研究开发;
2. 对浅层地温能的开发利用进行管理,既要保护地质环境及其地下资源,还对地下的环境开展监测等公益性工作;
3. 国家为支持新技术新方法的推广应用,在财政方面给予了必要的补贴。

地热专家任湘教授指出,地源热泵技术的推广应用是对节能减排工作的有力支持,发展之快超过多年地热的研发与应用。低温热能的利用应用广泛,但要认真研究它的适应性。在一定的地质、地理环境条件下,低温热能利用具有广阔前景;要加强保护环境方面的研究工作;要开展科普工作,让人民大众了解地源热泵技术的应用意义。

国务院参事王秉忱教授指出,地源热泵技术的推广应用符合国家当前节能减排、环境保护政策,应该大力发展。由于地源热泵技术的经济和环境的优越性,目前已在我国得到迅速推广与应用。但是,地源热泵技术本身具有多专业结合的特性,近几年来在地源热泵工程设计与施工过程中出现了许多问题,需要地质与暖通两大专业人士相互交流,深入探讨与地源热泵技术有关的基本地质特性及评价方法问题等,并力争取得共识。地温资源的评价问题非常重要,如何开展资源评价适应地源热泵技术是我们当前要搞清楚的问题。希望通过这次会议指导地源热泵技术的健康发展。

有关水文地质学专家认为:浅层地温能是由太阳能对地球表面辐射所保留的能量与深部地心热核反应向地表扩散的综合反映。地球浅部的恒温带是两种能量的平衡地带,岩土层既有吸收和释放能量的功能,又有蓄能特点。但在浅层地质环境下,其岩土、地下水等体积比热容较小,且热传导率较低。这些特征与热泵系统在较短时间内提取大量能量,或长期提取能量相比是不相称的。由于两者的差别,需要地源热泵系统在设计和运行过程中,保持系统的冷热负荷平衡,以克服岩土层的这一缺陷。同时要对地下温度场进行长期(至少一年)监测工作,以了解岩土层的吸收、释放和蓄能规律,指导地源热泵系统稳定运行。

暖通空调专业专家认为:在《浅层地温能勘查开发技术规程》征求意见稿中,以传统的地质学观点计算浅层地温能,所得到的单位面积的能量十分有限,与热泵系统所需要的能量相差千倍。在进行区域评价时,计算面积如何取值,在此面积中,有多少面积能为地源热泵系统提供热量。在一些建筑工程中,实际能给予地下换热器场地的土地面积,建造房屋的土地面积,实际的建筑设计容积率等都要考虑。因此,建议《规范》中的“评价方法”要根据地源热泵系统原理及实际应用情况进行修改。

会议认为,我国地源热泵技术的应用尚处在初期阶段,有必要各专业共同关注的问题开展广泛的讨论,尤其是对地质学与暖通空调两大专业所密切关注的问题开展深入探讨,以求共识,使得地热泵技术得以健康发展。为进一步提高地源热泵系统建设的规范化与科学化,增强其稳定性和经济性,两个专业必须联合起来,相互沟通与协调,建立地源热泵系统学术年会制和工程建设协调组织。专委会将积极组织多学科专家推进相关工作的深入开展,为政府决策和企业发展提供必要的技术支撑。

(赵继昌)