

基于 AHP 与 Delphi 法的河流型饮用水水源地安全保障建设指标体系构建研究

李艳红,成静清

(江西省水利科学研究院,江西省鄱阳湖水资源与环境重点实验室,江西 南昌 330029)

摘要:本文利用层次分析法(AHP)与德尔菲法(Delphi),根据两轮专家问卷调查得到的意见和建议,构建了包括水量保障、水质保障、监控保障和管理保障4项一级指标、24项二级指标的全国重要河流型饮用水水源地安全保障建设指标体系,可为河流型饮用水水源地安全保障建设工作提供依据。

关键词:河流型饮用水水源地;层次分析法;德尔菲法;指标体系

中图分类号:R124

文献标识码:A

文章编号:1004-4701(2018)02-0140-06

0 引言

饮用水水源地安全是饮水安全的重要基础保障,是人类生存和社会经济发展的重要物质保障^[1]。饮用水水源地安全关系到人们的生命安全,要求其保障标准在水质、水量及管理等方面都要高于其他水源地。目前,水质污染、水量减少、污染处理能力不足、水源地结构单一、监控系统不健全等已成为一个全国性的饮水安全问题^[2-4],严重影响到人民群众的身体健康和当地经济的可持续发展。近年来,由于社会经济快速发展和工业化进程的加快,国内很多饮用水水源地受到不同程度的污染。据2015年中国环境状况公报显示,全国338个地级及以上城市集中式饮用水源地,达标率为97.1%,比2014年提高0.9个百分点。但是,近年来我国城镇饮用水水源地及供水系统污染事故频发^[5],饮水安全形势仍然十分严峻。饮用水水源地安全保障建设是落实最严格水资源管理制度的重要内容,是保障人民群众饮水安全的重要任务。

在我国饮用水水源地中,河流饮用水水源地数量最多,供水量最大,且存在流域空间跨度大、水文情况复杂、污染源分布广、污染物成分复杂、污染事故的突发性等客观条件的限制,河流型饮用水水源地安全保障工作一直处于被动的应急管理状态,尚未形成较为系统的安

全保障体系为饮用水安全提供技术与决策支撑。

目前我国在河流型饮用水水源地安全评价指标体系研究方面已经开展了一些工作^[6-10],但这些研究工作大多数体现在单纯的水质、水量及生态评价上,较少的考虑饮用水水源地监控和管理的风险因素。针对目前河流型饮用水水源地安全保障评价指标体系存在的问题,作者基于饮用水水源地安全理论,采用层次分析法(AHP)与德尔菲法(Delphi)相结合的方法,开展针对河流型饮用水水源地安全保障达标建设指标体系的探索与研究,对完善河流型水源地安全保障达标建设指标体系具有一定的借鉴意义。

1 饮用水水源地安全的内涵

饮用水水源地安全问题是由于人类活动的影响导致水质恶化、水量减少,从而使得水源地的正常供水功能受到影响,不能满足人们对饮用水的基本需求。饮用水水源地安全的内涵涉及到两方面,一是水源地的自然属性:水源地抵御外界干扰的能力,如水位流速、自净能力、地下水的含水层厚度、包气带等;二是水源地的社会属性:如水质污染、水量短缺等。可从水质安全、水量安全、监控完备和制度健全等四方面进行探讨水源地的安全问题。

1.1 水质安全及其内涵

水质安全是指饮用水水源地水质各项指标都能够

持续地满足供水水质的要求。其内涵主要表现为3方面。第一,地表水水源地水质必须满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的Ⅱ类水标准;地下水水源地水质各项指标不低于《地下水质量标准》(GB/T14848-1993)(修订)中的Ⅲ类水标准;第二,湖库型饮用水水源地的营养状态较低且短期内发生富营养化的可能性很低;第三,饮用水水源地发生水污染事件的可能性很低,周边没有生活、工业等污染源或者其发生不会对水源地安全供水构成威胁。

1.2 水量安全及其内涵

水量安全是指饮用水水源地具有一定的蓄水量,满足可持续供水的要求。其内涵主要表现在两个方面:第一,水源地具有一定的水量,满足现状供水的需求;第二,水源地来水和供水之间比例协调。

1.3 监控完备及其内涵

饮用水水源地的监控完备是指水源地管理部门能对饮用水源水质、水量情况进行全方位的实时监控,同时具备巡测、常规性监测和排查性监测的能力,突发水污染事件发生时,能随时掌控污染实时状况。

1.4 制度健全及其内涵

制度健全是指饮用水水源地有完善的各项管理制度,配备了水资源管理和保护的专职工作人员。其内涵主要有:一是制定了较为完备的饮用水源地相关法规、规章或办法,并已批准实施;二是具备应急响应能力,有预警和应急响应机制及相应的技术保障体系,遭遇突发事件时,能保障水源地供给水的要求。

2 指标体系构建的目标和原则

2.1 指标体系构建的目标

饮用水源地安全保障建设指标体系构建的目标是饮用水源地保证有足够的水量、安全的水质、完备的监控系统以及健全的管理机制,使饮用水水源地的功能可持续正常发挥,能较大幅度地满足人类生产和生活的需要。

2.2 指标体系构建的原则

指标体系的构建需要综合考虑对饮用水水源地保障的指导性、可操作性等原则,提出科学、合理、实用的指标体系。综合国内外指标体系构建的原则,根据饮用水水源地系统各组成要素之间的关系及本指标体系构建的目标,构建水源地安全保障建设指标体系应遵循以下几个原则:

(1)整体兼顾可操作性原则。饮用水水源地安全

保障建设指标体系构建涉及实践应用,既要体现饮水安全系统的整体性,又要避免各指标之间的重复,使评价目标与建设指标有机地联系起来,同时要考虑数据收集的方便性和现实可能性,定量指标要求计算方法简单、数据容易获取,难于量化的重要特征可以采取定性或者半量化的指标来表征,从而组成一个层次分明的整体。

(2)客观兼顾引导性原则。指标体系的构建既是理论问题,也是实践问题。饮用水水源地安全保障建设指标体系构建要建立在科学合理的基础上,客观反映水源地的自然属性和社会属性,并体现水源地安全保障的未来发展方向,一般选取那些引导性强、独立性好、能够较好反映水源地安全的指标。

(3)层次性原则。由于饮用水水源地安全保障具有多层次性,因此在构建指标体系时应体现其层次性,同时也要使各个指标相互联系构成一个有机整体。根据评价需要和水源地安全的复杂程度,一是饮用水水源地安全保障达标建设指标体系应选择一些能从整体层次上把握评价目标的指标,以保证评价的全面性和可信度;二是要考虑指标之间的层次递进关系,尽可能体现层次性,通过一定的梯度,能准确反映指标间的主次关系,充分落实分层次评价原则,这样既能消除指标间的相容性又能保证指标体系的全面性、科学性。

3 指标体系的建立

3.1 研究方法

3.1.1 专家咨询法(Delphi法)

德尔菲法(Delphi)是20世纪50年代,美国兰德公司在与道格拉斯公司合作,研究如何通过有效的、可控的反馈,可靠地收集专家意见的方法时,总结并提炼出来的一种几乎可以应用于任何领域的咨询决策技术。德尔菲法是专家会议预测法的一种发展,其核心是以匿名方式通过几轮函询征求并收集专家们的意见。预测、评价小组对每一轮的专家意见进行汇总整理,作为参考资料将汇总的结果再寄发给每位专家,供专家们分析判断,提出新的论证意见。经过多次反复的征求和反馈,使意见逐步趋于一致,最终得到一个可靠性较大且结论比较一致的方案。其优点体现在:一是各专家能够在不受干扰的情况下,独立、充分地表明自己的意见;二是预测值是根据各专家的意见综合而成的,能够发挥集体的智慧。

3.1.2 AHP 法

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 是美国运筹学家 A. L. Saaty 教授于 20 世纪 70 年代提出的一种能将定性分析和定量计算相结合的系统评价分析方法。该方法的核心是将决策者的经验判断定量化, 从而为决策者提供以定量形式表达的决策参考依据, 在多目标、结构复杂且缺乏必要数据的情况下相当实用。运用 AHP 法构建指标体系一般分为以下 3 个步骤:

(1) 建立层次结构模型: 对各个指标按照子系统分类, 建立一个包括目标层、准则层和指标层等层次。

(2) 筛选指标: 指标筛选一般采用专家筛选法, 将指标设计为问卷调查表, 选择研究领域具有丰富知识或实际经验的人 (即专家), 根据自己的知识和经验进行判断和选择。

(3) 确定指标体系: 通过指标相关性分析来确定指

标体系。指标体系的相关分析是通过对各个评价指标间的相关分析, 删除一些相关系数较大的评价指标, 消除评价指标所反应的信息重复对评价结果的影响。

3.2 指标体系的初步提出

以《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《饮用水水源保护区污染防治管理规定》和《全国重要饮用水水源地安全保障达标建设目标要求 (试行)》为依据, 在明确达标建设指标体系选取原则的基础上, 结合饮用水水源地安全的内涵和特点, 采用层次分析法初步构建了包括水量保障、水质保障、监控保障和管理保障的河流型饮用水水源地安全保障建设指标体系。将饮用水水源地安全保障达标建设指标体系分成 3 个层次, 即目标层、准则层和指标层 (图 1)。目标层为单一目标, 有 4 个准则层, 总共包括 28 项指标 (表 1 中的初稿)。

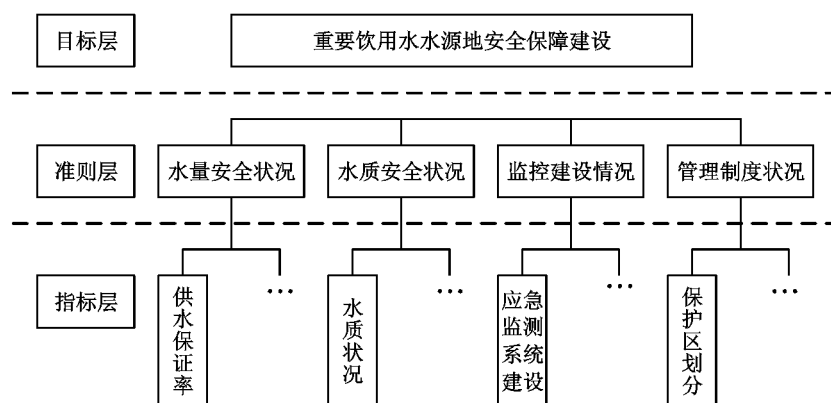


图 1 饮用水水源地安全保障建设递阶层次结构

3.3 专家问卷调查结果分析

为了使本指标体系具有广泛的可操作性, 采用调查问卷方式邀请国内从事水资源保护的专家及专门从事水源地管理的工作者进行意见征询, 结合德尔菲法 (Delphi) 确定指标初选结果。根据不同地域、不同水源地特点, 咨询专家专业涵盖水资源保护研究、水源地保护等相关领域, 主要分布在水利部水资源管理中心、长江水资源保护局、黄河水资源保护局、淮河水资源保护局、海河水资源保护局、珠江水资源保护局、松辽水资源保护局、太湖水资源保护局及部分省市水利厅。

首先通过电话向国内水资源保护方面的专家及水源地管理单位的管理人员发出邀请, 请他们参与本次调查; 第二, 通过电子邮件把调查问卷表发送到各位参与的专家, 搜集和分析专家意见和建议。本研究进行了两轮专家问卷调查, 第一轮专家咨询主要是请专家对初选

的指标进行评判, 作出是否应该纳入饮用水水源地安全保障建设指标体系的建议, 并提出各准则层新增指标; 第二轮专家咨询是将第一轮问卷成果反馈给所有参与的专家, 请他们根据第一轮问卷结果, 再次对指标体系选取提出是否入选的建议。两轮调查问卷都设计了开放式修改意见填写。

3.3.1 第一轮专家问卷结果分析

(1) 一级指标结果分析。在第一次调查问卷中, 专家对一级指标的意见比较一致, 并且在开放式问卷中, 专家对 4 项一级指标未提出任何的意见, 对饮用水水源地安全保障建设所涵盖的四个准则层具有共识。因此, 一级指标全部保留, 能够较为科学地衡量河流型饮用水水源地安全保障建设情况。

(2) 二级指标结果分析。在对二级指标的调查统计中, 我们将专家意见比较集中的几项指标进行修改:

1)来水水质:不同区域对水质的要求不同,规定起来比较复杂,不好操作。建议删除。

2)保护区内生活污水处理率:此项指标与水质关联不太且不容易统计;生活污染只有排放的情况下才可能对水源地水质造成影响。建议删除。

3)枯水年来水量保证率:此指标与“供水保证率”重复。建议删除。

4)在相关的法律规定中,一、二级保护区及准保护区内的禁止项目比较多,为了更全面的囊括保护区内禁止项目,建议关于水源地保护区内禁止事项合并为一项“保护区内法律规定的禁止事项情况”。

(3)在对原始指标进行统计分析后,综合以上专家的意见,将指标体系进行了修正:

1)对二级指标表述重复或不好操作的指标,如“枯水年来水量保证率”、“来水水质”和“保护区内生活污水处理率”给予删除。

2)把二级指标中的“一、二级保护区内不相关项目建设情况”、“一、二级保护区娱乐活动及水产养殖情况”进行合并。

3)在指标体系中增加“保护资金投入机制”。资金投入是饮用水水源地保护的必然保障。

3.3.2 第二轮专家问卷结果分析

(1)一级指标结果分析。在第二轮调查问卷中专家对一级指标的意见比较集中。研究认为,一个安全的水源地在一定的的时间尺度内能够维持它的正常供水功能,也能够维持对胁迫的恢复能力,即安全的水源地应该在具有持续供给能力的基础上具有足够的水量、安全的水质以及较强的实时监控和管理能力,能够保障周边环境处于良好的状态,同时能较大限度的满足人们安全饮用水的需要。因此,本研究主要从水量保障、水质保障、监控保障、管理保障4个层面来探索饮用水水源地安全保障达标建设指标体系的构建。

(2)二级指标结果分析。在本次调查问卷分析中可以看出,专家对二级指标比较认同,部分专家提出了以下的意见:

1)部分指标层指标的名称应再考虑一下,如“入河排污口数量”。

2)指标“一级保护区陆域植被覆盖率”、“保护区封闭程度”等指标的操作性不强,“取水口河势”考核对象不是针对水源地管理者,建议删除。

3)保护区内有公路的情况下是否要增加“危险品检查站”这项指标。

4)“供水保证率”与“工程供水能力”指标表达的意思相同,建议把“工程供水能力”改为“供水设施运行情况”。

5)建议在“管理保障指标”中增加“应急管理能力建设”指标,包括应急预案制定、应急保障技术体系的内容。

6)建议在“管理保障指标”中增加“水源地管理机构设置情况”指标。

7)建议把“培训及宣传力度”和“工作人员配置及经费保障”指标合并为“管理机构能力建设”;“保护资金投入机制”单独列出。

8)建议在“管理保障指标”中增加“安全达标建设实施方案编制情况”指标。

3.4 指标体系确立

通过阅读相关研究文献、两轮专家调查问卷调查,采纳了专家提出的许多意见和建议,对反对票体系不断进行修改和完善,最终确立了水量保障、水质保障、监控保障以及管理保障4个一级指标,24项二级指标(表1中的终稿)。

4 结 语

科学合理的饮用水水源地安全保障达标建设指标体系是水源地管理部门在水源地达标建设过程中进行定性、定量分析的有效工具,可为引导水源地安全达标建设朝着正确方向发展提供参考。本研究从水源地安全的内涵出发,结合国内外相关研究基础,通过综合比选、层次分析(AHP)及专家意见征询(Delphi)等方法,构建了一套包括水量、水质、监控体系和管理制度四个方面的河流型饮用水水源地安全保障达标建设指标体系(4个一级指标,24个二级指标)。该指标体系丰富了水源地安全达标建设的理论体系,在体现水源地水量、水质安全的基础上,同时考虑对水源地的监控和管理要求,从而更好地促进水源地安全保障达标建设工作的开展。

水源地安全评价是一个复杂的、多属性的评价系统,在评价过程中既受人为因素的影响,又受其识别能力和环境状况的局限性影响,具有一定的主观性。因此,如何降低上述因素和主观性对评价结果的影响,从而完善饮用水水源地安全评价方法,还有待进一步研究和探讨。

表1 河流型饮用水水源地安全保障达标建设指标体系

一级指标	二级指标(指标层)(初稿)	二级指标(指标层)(终稿)
水量保障	供水保证率	供水保证率
	工程供水能力	供水设施运行情况
	枯水年来水量保证率	区域调度保障
	取水口河势	应急备用水源地建设
	区域调度保障	
水质保障	应急备用水源地建设	
	取水口水质等级	取水口水质达标率
	来水水质等级	一级保护区封闭程度
	保护区内生活污水处理率	保护区设置界标及警示标志
	一级保护区封闭程度	保护区内法律规定禁止事项情况
	一级保护区设置界标及警示标志	危险品检查站设置情况
	一、二级保护区内不相关项目建设情况	入河排污口设置情况
	一、二级保护区娱乐活动及水产养殖情况	一级保护区内陆域植被覆盖率
	入河排污口数量	
	保护区内陆域植被覆盖率	
监控保障	在线监测能力建设	在线监测能力建设
	取水口和重要设施自动视频监控程度	取水口和重要设施自动视频监控程度
	巡查制度建设	巡查制度建设
	水质监测项目开展情况	水质监测项目开展情况
	应急监测能力建设	应急监测能力建设
管理保障	水质预警系统	水质水量安全管理信息系统
	保护区划分与管理	保护区划分
	法规、规章或办法制定情况	法规、规章或办法制定情况
	联动机制建立情况	联动机制建立情况
	应急预案制定	应急管理能力建设
	培训及宣传力度	水源地管理机构
	工作人员配置及经费保障	安全达标建设实施方案编制情况
	突发事件应对保障体系建设	保护资金投入机制

参考文献:

- [1] Jang C H. Empirical study on protection of drinking water in China[J]. Meteorological and Environmental Research, 2012, 3(5): 35 ~ 38, 42.
- [2] 郭梅, 周丽旋. 乡镇集中式饮用水水源地环境安全分析及保障对策[J]. 水资源保护, 2010, 26(4): 76 ~ 79.
- [3] 王少明, 于雅萍, 马龙. 海河流域典型水源地供水水质现状及保护[J]. 中国农村水利水电, 2010(12): 83 ~ 85.
- [4] 周兵奇, 吕帅, 王鑫, 等. 成都市饮用水水源地安全评价及保护对策[J]. 人民长江, 2016, 47(增刊1): 21 ~ 23.
- [5] 石效卷. 中国饮用水水源地环境安全[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2012, 22(1): 1 ~ 6.
- [6] 王启田, 王丽红, 郭象赞. 饮用水水源地安全评价体系及方法研究[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2008, 39(2): 273 ~ 277.
- [7] 荆秀艳, 杨红斌, 王文科, 等. 地下水饮水安全指标体系构建及评价[J]. 生态环境学报, 2015, 24(1): 90 ~ 95.
- [8] 王景深. 水源地安全评价指标体系探究[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(2): 755 ~ 758.
- [9] 曹小欢, 邱雪莹, 黄苗. 饮用水水源地安全评价指标体系的分析[J]. 中国水利, 2009: 25 ~ 28.
- [10] 李文攀, 周密, 白雪, 等. 集中式饮用水水源地水质预警指标体系构建[J]. 中国环境监测, 2016, 32(1): 128 ~ 130.

编辑: 张绍付

Building safety guarantee construction index system of river – type drinking water source based on the AHP and Delphi method

LI Yanhong, CHENG Jingqing

(Jiangxi Provincial Key Laboratory of Water Resources and Environment of Poyang Lake,
Jiangxi Institute of Water Sciences, Nanchang 330029, China)

Abstract: A system of indices is tentatively put forwarded to measure important drinking water safety guarantee in China by using analytic hierarchy process (AHP). After two rounds of questionnaire, much revision has been made to the tentative index system. Further testing through factor analysis finally brings into being the index system of important river – type drinking water safety guarantee in China, which covers such aspects of water quantity guarantee, water quality guarantee, monitoring guarantee and management guarantee. The index system consists of four first – level indices, twenty – four second – level indices. It has important value for river – type drinking water source safety guarantee construction.

Key words: River – type drinking water; Analytic hierarchy process; Delphi; Index system

翻译: 李艳红

省防总召开省、市、县三级防汛视频见面会

4月1日,全省正式进入主汛期,省防总组织召开省、市、县三级防汛视频见面会。省防总副总指挥、省水利厅厅长罗小云在省主会场出席见面会并作讲话,省防总成员、省气象局副局长汪金福出席,省防总成员、省水利厅副巡视员祝水贵主持。

会上,罗小云与婺源县、九江市、抚州市、景德镇市等县、市防指领导进行了视频通话,详细了解水毁工程修复、长江干堤崩岸险段监测预警、行洪河道违章设障、问题隐患整改、防洪排涝准备措施、水利工程作用发挥等情况,并对预案方案修订、旅游景区防汛等方面作了提醒。

罗小云强调,省委、省政府高度重视防汛工作,省委书记、省长刘奇出席全省防汛工作会并作全面部署,副省长胡强会上提出明确任务,并要求组织此次视频见面会。各地各部门要以对党 and 人民高度负责的态度,切实鼓足干劲、坚定信心、奋起行动,紧紧围绕“一个中心、三个重点、五个确保”的防汛总目标,牢固树立以人民为中心的发展思想,坚决贯彻防灾减灾新理念,全面落实各项防汛措施,做到不死人、少伤人,为建设富裕美丽幸福现代化江西作出防汛保安新的贡献!

罗小云要求,各地各部门要提高认识、统一思想,切实做到六个“进一步”,要进一步狠抓防汛责任落实,严格落实以行政首长负责制为核心的各项防汛责任制,强化组织领导,严格责任追究,督促防汛措施落实到位;要进一步坚持防汛值守制度,严格执行24小时防汛值班和领导带班制度,加强情况抽查,联合值守调度,及时传达和督促防汛指令的执行到位;要进一步提高监测预报能力,加强雨水情和地质灾害的监测预报,提高预报精度,提前发布预警,为科学指挥提供决策依据;要进一步加强联合会商研判,坚持定期和不定期的会商制度,研判分析形势,明确防御重点,及时启动应急响应并落实相应级别的响应行动;要进一步规范信息报送程序,加强防汛信息的收集,加快防汛信息传递,明确报送责任,强化信息共享,及时统一发布,努力营造防汛良好氛围;要进一步落实薄弱环节防御措施,紧盯问题抓督促整改,落实在建涉水工程、小型水库堤防、山洪地质灾害隐患点等薄弱环节防御措施,全力减轻灾害损失。

全省各设区市、县(市、区)防指领导,水利(水务)、国土、气象、水文等部门负责同志在各地分会场参加防汛视频见面会。

(江西省防汛抗旱总指挥部办公室 贺 强)