饮用水水源地安全综合评价体系的构建

柴元冰　(青海省水文水资源勘测局,青海西宁 810000)

摘要　从饮用水水源地安全角度出发,以饮用水水源地安全基础指标(水质安全、水量安全、生态安全)和安全管理指标两个方面,构建了饮用水水源地安全综合评价指标体系,通过实证研究表明:A 省 B 城市主要饮用水水源地 C 水库综合评价为基本安全,说明运用该评价体系可以得出准确、客观的综合评价结果。

关键词　水源地;饮用水;综合评价;安全
中图分类号　S181　　**文献标识码**　A　　**文章编号**　0517 -6611(2016)14 -090 -03

Construction of Comprehensive Evaluation System for Water Head Site Safety of Drinking Water

CHAI Yuan-bing　(Qinghai Provincial Bureau of Hydrology and Water Resources Survey, Qinghai, Xining 810000)

Abstract　The comprehensive evaluation index systen for water head site safety of drinking water was constructed from two aspects of basic indicators(water quality safety, water quantity safety, ecological safety) and management indicators. The empirical study showed that: the comprehensive evaluation of C reservoir in B city of A province is the basic security, indicating the evaluation system can obtain accurate and objective comprehensive evaluation results.

Key words　Water head site; Drinking water; Comprehensive evaluation; Safety

饮用水是人类生存的基本需求,饮用水水源地是保障我国经济社会可持续发展和人民群众身体健康的重要基础设施。饮用水安全保障工作不仅是维护广大人民群众切身利益、落实科学发展观的具体实践,也是实现全面建设小康社会目标、构建社会主义和谐社会的重要内容。

近年来,饮用水安全保障工作受到高度重视,我国各级政府采取了一系列措施解决城乡居民饮用水安全问题。《中华人民共和国水法》第三十三条明确规定"国家建立饮用水水源保护区制度。省、自治区、直辖市人民政府应当划定饮用水水源保护区,并采取措施,防止水源枯竭和水体污染,保证城乡居民饮用水安全。"开展饮用水水源地安全综合评价是科学合理地评估饮用水水源地安全状况的有效途径,是发现和解决饮用水水源地存在问题的重要技术方法。然而,目前我国饮水安全保障技术标准在保护水源地安全方面存在不足,迫切需要对饮用水水源地安全保障技术标准开展相关研究,构建统一、规范和科学的饮用水水源地安全保障技术标准体系,解决制订技术标准所涉及的一些关键技术问题[1-2]。笔者从饮用水水源地安全角度出发,提出了以水质、水量、水生态三位一体的基础指标,准确、客观地综合评价了饮用水水源地安全状况的技术方法[3],以期为制订科学、准确的水源地保护政策提供决策依据。

1　安全基础指标评价

1.1　水质安全评价　饮用水水源地水质安全评价标准和方法的主要依据是该水源地的主要用途及污染程度。地表饮用水源地水质安全评价以《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)规定项目为基础;湖泊、水库型饮用水水源地应增加营养状况评价项目,包括总磷、总氮、叶绿素 a、透明度和高锰酸盐指数;地下饮用水源地水质安全评价以《地下水质量标准》(GB/T 14848—1993)规定项目为基础。

作者简介　柴元冰(1979 -),男,浙江衢州人,工程师,从事水资源水环境监测与调查评价研究。

收稿日期　2016-03-28

饮用水水源地水质安全评价包括必评项、选评项及有毒有机项共 3 类指标。必评项包括氨氮、高锰酸盐指数;选评项应根据水源地实际情况从常规项目中选取,应为最差的 3 项监测指标;有毒有机项中应至少选择 1 项,能够代表水源地污染特性。先进行单项指数计算,然后进行综合指数计算[4]。

1.1.1　单项指数(I_i)计算。首先计算单项指标安全评价指数(I_i):

$$I_i = \left[\frac{C_i - C_{ik}}{C_{ik+1} - C_{ik}}\right] + k$$

式中,C_i 为 i 指标的实测浓度;C_{ik} 为安全评价指数为 k 时,i 指标对应的标准限值;C_{ik+1} 为安全评价指数为 $k+1$ 时,i 指标对应的标准限值;$k = 1,2,3,4$。溶解氧指标的指数计算公式与其他指标的指数计算公式相反。

不同安全评价指数对应标准限值相同时的处理方法。单项指标安全评价按下式计算:

$$I_i = \left[\frac{C_i - C_{ik}}{C_{ik+1} - C_{ik}}\right] \times m + k$$

式中,m 为同一标准限值对应的安全评价指数个数。当 $C_i > C_{i5}$ 时,为劣Ⅴ类水,其单项指标评价指数一律计为 $I_i = 5$。

1.1.2　综合指数(WQI)计算。综合指数(WQI)是各单项指标评价指数的算术平均值,按下式计算:

$$WQI = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} I_i (i = 1,2,\cdots,n)$$

式中,WQI 为常规项目评价综合指数;n 为参与评价的指标个数。当 $0 < WQI \leqslant 1$ 时,常规项目安全评价指数为 1,水质优良;当 $1 < WQI \leqslant 2$ 时,常规项目安全评价指数为 2,水质良好;当 $2 < WQI \leqslant 3$ 时,常规项目安全评价指数为 3,水质尚好;当 $3 < WQI \leqslant 4$ 时,常规项目安全评价指数为 4,已受污染;当 $4 < WQI \leqslant 5$ 时,常规项目安全评价指数为 5,严重污染。

1.1.3　评价指数。为综合反映饮用水水源地水质状况,首先计算各类单项指数值,并确定相应分级指数,再进行综合

评价,从必评项、选评项和有毒有机项中选取最高(最差)分级指数作为该饮用水水源地水质安全的评价结果。湖泊、水库型水源地还应进行营养状况评价。饮用水水源地水质安全评价指数见表 1。

表 1　饮用水水源地水质安全评价

Table 1　Water quality safety evaluation of water head site of drinking water

评价指数 Evaluation index	*WQI*	湖泊、水库营养状况评分值 Lake, reservoir nutritional status score
1	≤1	≤20
2	≤2	≤50
3	≤3	≤60
4	≤4	≤80
5	≤5	≤100

1.2　水量安全评价　水量安全评价指标体系分为目标层和指标层,目标层反映水量安全程度,指标层反映水量安全的具体因子。

地表饮用水水源地在工程供水能力和枯水年来水量保证率 2 个指标中,以安全评价指数最大者作为评价结果;地下水饮用水水源地在工程供水能力和地下水开采率 2 个指标中,以安全评价指数最大者作为评价结果(表 2)。

表 2　饮用水水源地水量安全评价指标

Table 2　Water quantity safety evaluation index for water head site of drinking water　%

评价指数 Evaluation index	工程供水能力 Project water supply capacity	枯水年来水量保证率 Dry year water guarantee rate	地下水开采率 Groundwater exploitation rate
1	≥95	≥97	<85
2	≥90	≥95	≤100
3	≥80	≥90	≤115
4	≥70	≥85	≤130
5	<70	<85	>130

工程供水能力 = 现状综合供水量/设计综合供水量 × 100%;枯水年来水量保证率 = 基准年河流(湖泊)枯水流量/设计枯水流量 × 100%;地下水开采率 = 实际开采量(供水量)/可开采量 × 100%。

1.3　生态安全评价　目前,我国尚无专门针对饮用水水源地生态保护的标准出台,笔者参考相关地方标准《生态清洁小流域技术规范》(DB11/T 548—2008)和技术规范《中国南方小流域生态治理技术规程》,确定了饮用水水源地生态安全评价指标(表 3)[5]。

表 3　饮用水水源地生态安全评价指标

Table 3　Ecological safety evaluation index for water head site of drinking water

评价指数 Evaluation index	土壤侵蚀模数 Soil erosion modulus t/(hm² · a)	水土流失率 Soil and water loss rate//%	土地利用率 Land utilization rate//%	植被覆盖率 Vegetation coverage rate//%	森林覆盖率 Forest coverage rate//%	饮用水水质达标率 Drinking water quality up to standard rate//%
1	<300	<8	>85	>90	>40	>98
2	<500	<10	>80	>85	>30	>95
3	500 ~ 2 500	10 ~ 30	60 ~ 80	55 ~ 85	10 ~ 30	80 ~ 95
4	>2 500	>30	<60	<50	<10	<80
5	>3 000	>40	<50	<40	<8	<75

2　安全管理指标评价

饮用水水源地安全综合评价管理指标主要包括管理及组织机构,法规和制度建设,水源地安全保障规划,水源地保护区划分,水源地保护工程,水源地动态监测,水源地突发事件预案,水土保持机制,水源地保护机制和公共宣传与公众参与。具体评价指标见表 4[6]。

2.1　合成累计加分　对管理指标的评分进行合成累计,取其均值作为评价结果。

$$Q=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}M_i(i=1,2,\cdots,n)$$

式中,Q 为饮用水水源地安全评价管理指标评分;M_i 为 10 个指标中第 i 个指标的评分分数;n 为管理指标评价数。

2.2　评价指数　当 $0<Q\leqslant 1$ 时,常规项目安全评价指数为 5;当 $1<Q\leqslant 2$ 时,常规项目安全评价指数为 4;当 $2<Q\leqslant 3$ 时,常规项目安全评价指数为 3;当 $3<Q\leqslant 4$ 时,常规项目安全评价指数为 2;当 $4<Q\leqslant 5$ 时,常规项目安全评价指数为 1。

3　安全综合评价

3.1　评价方法　饮用水水源地综合安全评价结果以基础指标(水质安全指标、水量安全指标、水生态安全指标)和管理指标为依据,在 4 类指标评价中,选取最大(即评价指数最差)的评价结果作为饮用水水源地安全综合评价结果[7](图 1)。

计算的饮用水水源地水质安全评价结果以安全评价指数表达,分为 1、2、3、4、5 五级。从 1 ~ 5 级,水源地水质安全性逐次降低,即评价指数是 1 为安全,2 为较安全,3 为基本安全,4 为较不安全,5 为不安全。

3.2　实证研究　A 省 B 城市主要饮用水水源地为 C 水库,另有备用饮用水水源地 D,为地下水水源地,2 个水源地均在城市上游。

经评价,该地表水饮用水水源地评价基础指标中水质安全指标指数为 2,水量安全指标指数为 1,水生态安全指标为

2;评价管理指标指数为3。进行饮用水水源地安全综合评价时,选取基础指标和管理指标中最大(最差)评价结果作为最终综合评价指数,为3,综合评价结果为基本安全。

表4 饮用水水源地安全管理评价指标

Table 4 Evaluation index for water head site safety management of drinking water

序号 Serial No.	评价指标名称 Evaluation index name	评分值 Score	评价指标内容 Evaluation index content	评分规则 Scoring criteria
1	管理及组织机构	5	水源地统一、封闭管理,得2分;县级以上人民政府都有具体管理保护机构,得1分;县以下政府有专人负责,得1分;企业、单位有专人管理,得1分	累加计算评分
2	法规和制度、机制建设	5	具有系统的水源地管理保护规章,执法得当,得5分;具有系统的水源地管理保护规章,执法存在小问题,得4分;水源地管理保护规章不系统,得3分;无水源地管理保护规章,制度不完善,得2分;无水源地管理保护规章,执法难,得1分;无规章、无制度、无执法,得0分	选取1项评分
3	安全保障规划	5	规划已批准并完全执行,得5分;有规划,未批准,已执行,得4分;有规划,已批准,未完全执行,得3分;有规划,已批准,未执行,得2分;有规划,未批准,未执行,得1分;无规划,得0分	选取1项评分
4	保护区划分	5	水功能区划定并经省政府批准,得1分;水源保护区划分,得2分;水源保护区保护,得2分	累加计算评分
5	保护工程	5	有隔离防护工程,得2分;进行点源治理并取得成效,得1分;进行面源治理并取得成效,得1分;实施生态修复工程并取得成效,得1分	累加计算评分
6	水量、水质监测	5	已建立起自动监测网络,得5分;人工取样监测,得3分;无监测,得0分	选取1项评分
7	突发事件预案	5	制定应急预案,得1分;设立应急指挥机构,得1分;建立技术、物质和人员保障系统,得1分;值班、报告、处理制度,得1分;形成有效预警和应急救援机制,得1分	累加计算评分
8	水土保持措施	5	修筑防治水土流失工程措施,得2分;采取生物措施,得2分;蓄水保土耕作措施,得1分	累加计算评分
9	水源地保护机制	5	水源地补偿机制,得1分;保护资金投入机制,得1分;价格机制,得1分;监督机制,得1分;激励机制,得1分	累加计算评分
10	宣传保护与公众参与	5	水源地保护人员教育培训体系,得2分;利用多种形式开展宣传,得1分;全社会保护水源地意识风尚,得1分;舆论监督举报制度,得1分	累加计算评分

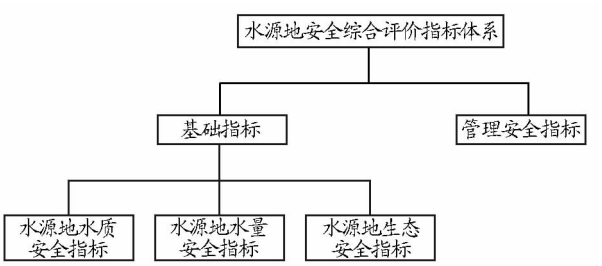

图1 饮用水水源地综合安全评价指标体系

Fig. 1 Comprehensive evaluation index system for water head site safety of drinking water

4 结语

笔者对饮用水水源地安全评价构建了适合现阶段发展的指标体系,从安全基础指标(水质、水量、水生态)和管理指标2个方面统筹考虑,得出饮用水水源地安全、准确、客观的综合评价结果,为水源地保护管理工作提供了决策支持。目前,我国水源地保护标准体系尚不健全,缺乏专门针对水源地保护的标准体系,因此,建议尽快建立水源地保护标准体系,编制完善水源地保护标准体系文件,切实做好饮用水水源地的管理保护等工作。

参考文献

[1] 中华人民共和国水利部. 全国城市饮用水水源地安全保障规划[R]. 2009.
[2] 郑丙辉,付青,刘琰. 中国城市饮用水源地环境问题与对策[J]. 环境保护,2007,381(10A):59-61.
[3] 王启田,王丽红. 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.
[4] 刘琰,郑丙辉. 饮用水水源地水质标准的制定方法探析[J]. 中国给排水,2007,23(18):98-101.
[5] 李茜,张建辉,林兰钰,等. 水环境质量评价方法综述[J]. 现代农业科技,2011(19):285-290.
[6] 李名升,张建辉,梁念,等. 常用水环境质量评价方法分析与比较[J]. 地理科学进展,2012,31(5):617-624.
[7] 尹海龙,徐祖信. 河流综合水质评价方法比较研究[J]. 长江流域资源与环境,2008,17(5):729-733.