

河北省农村饮用水现状调查与评价

刘俊良¹, 马建薇^{1,2}, 郭建¹, 张铁坚¹

(1. 河北农业大学城乡建设学院, 河北保定 071001; 2. 河北大学化学与环境科学学院, 河北保定 071000)

摘要:农村饮用水安全问题直接影响着农村生活条件的改善和社会经济的发展。进行河北省农村饮用水现状调查与评价,掌握河北省各地区农村饮用水真实状况,对于河北省农村安全饮用水工程的推进和社会主义新农村建设具有重要意义。选定饮用水水质、水量、方便程度和保证率4项指标,依据调查数据,结合多因子综合指数法和层次分析法对河北省农村饮用水现状进行综合评价。

关键词:农村饮水; 饮水现状; 饮用水安全

中图分类号:R123.5 **文献标识码:**A

An Investigation and Evaluation of the Present Situation of Rural Drinking Water in Hebei Province

LIU Jun-liang¹, MA Jian-wei^{1,2}, GUO Jian¹, ZHANG Tie-jian¹

(1. College of Urban and Rural Construction, Hebei Agricultural University, BaoDing 071001, Hebei Province, China;

2. College of Chemistry and Environment Science of Hebei University, Baoding 071000, China)

Abstract: The safety problem of rural drinking water affects the improvement of rural living conditions and the development of social economy directly. We evaluate the situation of rural drinking water and know well the real situation of rural drinking water in Hebei Province, which has an important significance for the implementation of rural drinking water safety project and the building of new socialist countryside in Hebei Province. Four indicators of water, quality, quantity, convenient degree and guarantee rate are selected based on the survey data by combining the multi-factor comprehensive index method and analytic hierarchy process. A comprehensive evaluation is made of the situation of rural drinking water in Hebei Province.

Key words: Hebei Province; rural; safety of drinking water; evaluation

0 引言

饮用水安全关系千家万户的福祉。现阶段我国农村仍然存在饮用水水质差、供水设施落后、与水相关的地方病频发等大量问题。解决农村饮用水安全问题,对于改善农村生活条件,促进农村社会与经济发展意义重大^[1]。

河北省地处华北平原,城镇化水平偏低,农村地区供水普遍存在着基础设施薄弱、管理制度缺失等一系列问题,农村饮用水现状不容乐观。由于经济条件、水文条件、地质条件等因素不尽相同,造成河北省各地区农村饮用水现状也存在着较大差异。进行河北省各地区农村饮用水现状调查与评价,对因地

制宜的进行农村饮用水安全工程建设尤为重要。

1 河北省各地区农村饮用水现状评价

依据水利部和卫生部联合下发的《关于印发农村饮用水安全卫生评价指标体系的通知》中的相关要求,选定水质现状指数、水量现状指数、方便程度现状指数和保证率现状指数作为河北省农村饮用水现状综合评价主指标,并根据农村饮用水安全的实际要求确定各评价指标的分指标,具体情况见图1所示。

依据确定的评价指标拟定问卷,进行走访调查,获取相关数据,确定各项分指标,然后结合各指标对应的权重采用多因子综合指数法^[2]计算各对应评价主指标,继而河北省各地区农村饮用水现状进行综合评价。

按照河北省行政区域划分将调查范围分为A-K等11个调查区域,选取各区域典型农村进行走访调查,每个区域发放调查问卷60,共发放660份,回收有效问卷428份。

收稿日期:2013-01-22

基金项目:2012年度河北省社会科学发展研究课题民生调研专项(201201201)。

作者简介:刘俊良(1964-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为节水与水污染控制。E-mail:hb-ljl@163.com。

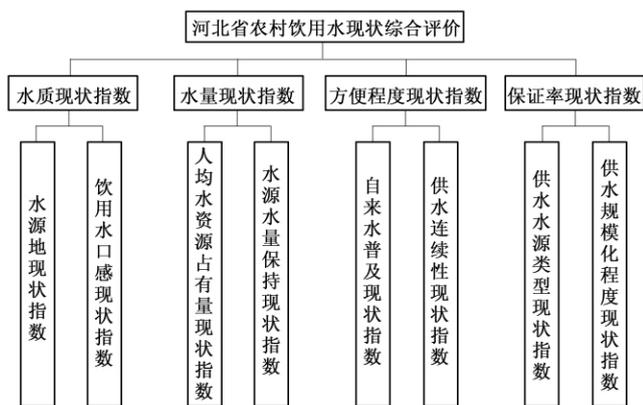


图 1 河北省农村饮用水现状评价层次结构模型

Fig. 1 Hierarchical structure model evaluation of drinking water in rural areas of Hebei province

1.1 水质现状评价

引起饮用水水质污染的原因主要包括水源地污染和开采过程污染,进行水质现状评价选定水源地现状和饮用水口感现状两项分指标。其中,水源地现状反映了当地水源水质和保护状况;饮用水口感现状既能从感官上说明水质好坏,也可以反映开采输送过程对水质的影响。

将相关调查数据分为了优、良、差 3 个等级,将属于优和良等级的调查数据个数占总有效调查数据个数的比例作为上述两项指标的指数,具体指数见表 1、表 2。

饮用水口感现状对当地水质具有直接的说明作用而水源地现状对当地水质的影响趋于间接,结合有关专家对于各项指数权重的建议认为饮用水口感现状指数的权重应高于水源地现状指数。采用经验性权重系数法确定饮用水口感现状指数、水源地现状指数权重分别为 60%、40%,然后采用公式(1)进行计算评价结果见表 3。

表 1 河北省各地区农村水源地现状指数

Tab. 1 Index of current water source in rural areas of Hebei Province

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
W ₁	90	81	90	74	86	76	85	72	83	80	100

表 2 河北省各地区农村饮用水口感现状指数

Tab. 2 The present situation taste index of drinking water in rural areas of Hebei Province

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
W ₂	53	56	63	45	43	50	56	72	49	53	50

表 3 河北省各地区农村饮用水水质现状评价

Tab. 3 Evaluation of the quality of drinking water in rural areas of Hebei Province

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
I ₁	75.2	71.0	79.2	62.4	68.8	65.6	73.4	72.0	69.4	69.2	80.0

$$I = \sum_{i=1}^n W_i p_i \quad (1)$$

式中: I 为加权综合指数; n 为相关因子个数; W_i 为相关因子现状指数; P_i 为相关因子所占权重。

1.2 水量现状评价

人均水资源占有量现状直接反映当地自然条件造成的水

资源总量,对于水量现状有着最直接的影响;水源水量保持现状则反映了当地的水利设施修建以及水资源保护状况,反映人们能利用水资源量,对水量现状同样具有重要意义,因此选择这两项作为水量评价分指标。

人均水资源占有量现状指数由人均水资源占有量处理后得到,河北省各地区人均水资源占有量见表 4。

表 4 河北省各地区人均水资源占有量^[3-13]

Tab. 4 Per capita possession of water resources in regions of Hebei Province

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
W ₃	282.0	228.9	380.0	195.0	399.0	192.0	148.0	969.0	156.0	193.0	597.0

利用公式(2)计算得到河北省各地区农村人均水资源占有量现状指数,具体指数见表 5。

$$W_4 = \frac{C_i}{S} \times 100 \quad (2)$$

式中: W₄ 为人均水资源占有量现状指数; C_i 为河北省各地区人均水资源占有量; S 为人均水资源占有量标准值,以 H 市人均水资源占有量为标准值。

水源水量保持现状指数是将相关调查数据分为了优、良、

差 3 个等级,选取优和良等级的调查数据个数占总有效调查数据个数的比例作为水源水量保持现状指数,具体指数见表 6。

人均水资源占有量现状反映当地水资源总量状况,属不可抗因素;水源水量保持现状更多反映当地水利设施以及水资源保护状况,结合有关专家的建议认为人均水资源占有量现状指数应比水源水量保持现状指数权重更大。采用经验性权重系数法确定人均水资源占有量现状指数、水源水量保持现状指数权重分别为 60%、40%,具体评价结果见表 7。

表5 河北省各地区农村人均水资源占有量现状指数
Tab. 5 The status index in per capita possession of water resources in rural areas of Hebei Province

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
W ₄	29.1	23.6	39.2	20.1	41.3	19.8	15.3	100.0	16.1	19.9	61.6

表6 河北省各地区农村水源水量保持现状指数
Tab. 6 The regional rural water inflow status index of Hebei Province

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
W ₅	64.6	84.0	70.6	83.3	64.7	69.4	75.0	84.6	71.9	66.7	72.7

表7 河北省各地区农村饮用水水量现状评价
Tab. 7 The assessment of Hebei Province regional rural drinking water

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
I ₂	43.3	47.8	51.7	45.4	50.7	39.6	39.2	93.8	38.4	38.6	66.1

1.3 方便程度现状评价

方便程度现状评价选定自来水普及现状和供水连续性现状两项分指标。自来水普及现状特征是当地以自来水作为供水方式的实现比例,是反映方便程度现状的重要指标;供水连续性现状反映当地供水时间的保障程度。

选取有自来水覆盖的农村数量占全部调查农村数量的比例作为自来水普及现状指数;选取可实现24h不间断供水的

农村数量占全部调查农村数量比例作为供水连续性现状指数,具体指数见表8、表9。

自来水普及现状反映当地自来水普及状况,同时也是供水连续的前提,在实现自来水普及和水量保障的基础上才有实现连续供水,因此认为自来水普及现状指数权重应高于供水连续性现状指数。结合有关专家建议确定自来水普及现状指数、供水连续性现状指数权重分别为70%、30%,评价结果见表10。

表8 河北省各地区农村自来水普及现状指数
Tab. 8 The status index of rural water supply universal in Hebei Province

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
W ₆	46.7	56.0	80.0	75.0	50.0	80.0	63.0	33.0	53.0	61.0	28.0

表9 河北省各地区农村供水连续性现状指数
Tab. 9 The status index of water supply continuity in rural areas of Hebei Province

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
W ₇	82.3	81.1	94.6	73.5	80.2	82.7	78.9	95.0	84.7	87.2	63.6

表10 河北省各地区农村饮用水方便程度现状评价
Tab. 10 Evaluation of the ease of drinking water in rural areas in Hebei province

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
I ₃	57.4	63.5	84.4	74.6	59.1	80.8	67.8	51.6	62.5	68.9	38.7

1.4 保证率现状评价

保证率现状的影响因素主要为供水水源类型和供水规模化程度。不同的供水水源类型或类型组合的持续供水能力不同,供水水源类型现状对保证率现状具有直接影响;供水规模化程度指的是集中供水方式在农村地区的实现比例,集中供水方式对突发事件的抵抗能力更强,因而供水规模化程度也是保证率的重要保障。

供水水源类型现状指数是通过不同地区供水水源类型的调查统计,结合不同水源类型所占的比例及其相对应的供水安全持续度得到。

河北省农村地区供水水源有地下水、地表水和贮存雨水3种类型,依据年际和月际气候变化对各种水源类型供水安全持续性的影响,确定其持续度分别为95%、60%、30%,结合调查所得3种供水水源所占比例利用式(3)计算农村供水水源类型

现状指数,具体指数见表11。

$$W_8 = R_1 \times 95\% + R_2 \times 60\% + R_3 \times 30\% \quad (3)$$

式中:W₈为水源类型现状指数;R₁为地下水供水比例;R₂为地表水供水比例;R₃贮存雨水供水比例。

供水规模化程度现状指数体现的是采用多村联合供水方式或与县城管网连接供水方式的农村数量占调查农村总量的比例,具体指数见表12。

河北省各地区的自然条件不同,供水水源类型也存在较大的区别,属不可抗因素;供水规模化程度主要体现了各地区农村集中供水设施的修建情况,因此认为供水水源类型现状指数权重应高于供水规模化程度现状指数。结合有关专家建议,采用经验性权重系数法确定供水水源类型现状指数、供水规模化程度现状指数权重分别为60%、40%,具体评价结果见表13。

表 11 河北省各地区农村供水水源类型现状指数

Tab. 11 The present situation index of water supply types of rural areas in Hebei province

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
W ₈	89.2	83.2	88.9	91.7	84.3	86.3	93.5	86.6	83.6	87.1	90.0

表 12 河北省各地区农村供水规模化程度现状指数

Tab. 12 The present situation index of water supply scale in rural areas of Hebei province

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
W ₉	25.0	45.2	38.9	56.0	36.4	28.6	28.9	38.5	47.1	45.5	16.7

表 13 河北省各地区农村饮用水保证率现状评价

Tab. 13 Evaluation of guaranteed rate of drinking water in rural areas of Hebei province

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
I ₄	63.5	68.0	68.9	77.4	65.1	63.2	67.7	67.4	69.0	70.5	60.7

1.5 饮用水现状综合评价

由水质现状、水量现状、方便程度现状和保证率现状 4 项指标进行河北省各地区农村饮用水现状评价。因为各指标对于饮用水现状的反映程度不同,需要准确确定各项指标权重。

由于评价指标较多,凭借经验性权重系数法确定各指标权重,会影响评价结果的客观性,同时权重的微小变化可能会造成结果的重大偏差,如再进行权重敏感性分析则会大大增加评价过程的繁复性,因此在综合评价指标权重的确定过程中选用模糊层次分析法^[14],该方法构造判断矩阵时采用 0.5,1,0 三标度构造优先判断矩阵,比较符合人们的思维逻辑,使得专家在两两因素之间很容易做出决策,更容易建立起判断矩阵。由优先判断矩阵改造成的模糊一致性判断矩阵满足一致性要求,无需再进行一致性检验,同时模糊层次分析法还具有计算方法简单、计算结果合理的优点。

首先建立模糊判断矩阵(优先判断矩阵):

$$F = (f_{ij})_{n \times n} \quad (4)$$

$$f_{ij} = \begin{cases} 0.5, & t(i) = t(j) \\ 1.0, & t(i) > t(j) \\ 0, & t(i) < t(j) \end{cases} \quad (5)$$

式中: $t(i)$ 和 $t(j)$ 分别为因素 f_i 和 f_j 的相对重要程度。

表 14 河北省各地区农村饮用水综合现状评价

Tab. 14 Comprehensive status evaluation of drinking water in rural areas of Hebei province

地区	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
I _{综合}	60.8	62.3	69.3	61.4	61.2	58.9	60.9	74.4	58.8	59.8	66.9

河北省各地区农村饮用水现状综合评价得分全部介于 55~75,以 5 分为一个阶梯,可将河北省各地区农村饮用水现状划分为 4 个阶梯,具体分布见表 15。

表 15 河北省各地区农村饮用水现状阶梯分布

Tab. 15 The area ladder distribution of present situation of rural drinking water in Hebei province

第一阶梯(70~75)	H
第二阶梯(65~70)	C、K
第三阶梯(60~65)	B、D、E、G、A
第四阶梯(55~60)	J、F、I

$$q_i = \sum_{j=1}^n f_{ij} \quad (6)$$

并利用转化公式:

$$q_{ij} = \frac{q_i - q_j}{2n} + 0.5 \quad (7)$$

将模糊判断矩阵 $F = (f_{ij})_{n \times n}$,改造为模糊一致性判断矩阵 $Q = (q_{ij})_{n \times n}$ 。

然后计算模糊一致矩阵每行元素的和(不含自身比较)

$$l_i = \sum_{j=1}^m q_{ij} - 0.5, i = 1, 2, \dots, m \quad (8)$$

计算不含对角线元素的总和:

$$Sum = \sum_i l_i \quad (9)$$

由于 l_i 表示指标 i 相对于上层目标的重要性,因此对 l_i 归一化即可得到各指标权重:

$$w_i = l_i / Sum \quad (10)$$

计算结果如下: $w_1 = 37.5\%$; $w_2 = 31.25\%$; $w_3 = 12.5\%$; $w_4 = 18.75\%$ 。

因此,河北省农村饮用水现状综合评价指数:

$$I_{综合} = I_1 \cdot w_1 + I_2 \cdot w_2 + I_3 \cdot w_3 + I_4 \cdot w_4 \quad (11)$$

具体结果见表 14。

2 结 语

(1)与实际情况对比,综合评价结果与河北省各地区农村饮用水真实现状吻合度较高。需要注意的是,各地区综合评价得分均处于较低水平,说明河北省农村饮用水安全问题依然比较突出,全面推进农村安全饮用水工程建设十分必要。

(2)制约河北省各地区农村饮用水现状的主要因素是水质和水量。在加强节约用水宣传的基础上兴修水利、推广污水处理回用工程,开源、节流并重是解决水量问题的根本途径;在条件允许的农村地区推广适度规模集中供水,实 (下转第 84 页)

表5 生物慢滤反应器进出水 pH、DO 值
Tab. 5 The concentration of DO and pH in the reactors

自滤器 顶部向下	进水	0.5 m	0.75 m	1.0 m
DO/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	8.13~8.83	3.13~5.54	2.36~3.70	1.09~3.38
pH 值	8.04~8.30	7.58~7.66	7.52~7.66	7.39~7.60

由表5可见,生物慢滤反应器由上至下溶解氧浓度明显减小,反应器上部高浓度溶解氧有利于硝化过程发生,与反应器中氨氮在0.5 m处已达到较好去除效果的结论一致。硝化反应过程释放氢离子,使得pH减小,因此出水pH低于进水。从表4可以看出,硝酸盐氮浓度从反应器表面至0.5 m处为增高趋势,随后为下降趋势,说明反硝化反应主要发生在反应器下部。

2.3 生物慢滤反应器中总氮去除效果研究

当滤料表面形成稳定成熟的生物黏膜后,对生物慢滤反应器进出水 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 浓度进行了测定,单项指标 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 均可达国家《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)要求。反应器总无机氮去除效果如图5所示,总氮最大去除率为51.1%,平均值为26.6%。

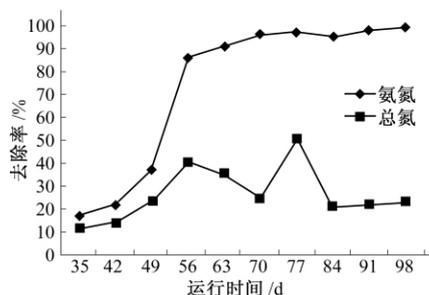


图5 生物慢滤反应器中总氮去除效果

Fig. 5 The removal efficiency of total nitrogen in the reactors

3 结 语

本文针对微污染水源中存在的氨氮和亚硝酸盐氮超标问

(上接第80页) 现对供水水质的有效控制是改善河北省农村地区饮用水水质的重要思路。

(3)河北省各地农村经济条件不同,推广农村安全饮用水工程难度不一,加强对经济欠发达地区政策倾斜和资金支持是全面施行河北省农村安全饮用水工程的重要保证。

河北省各地区应当根据自身在农村安全饮用水问题上的短板,进行针对性补强,切实把群众的利益放在首位,保障农村饮用水安全。 □

参考文献:

[1] 徐瑛丽,王颖.保障农村饮用水安全预案研究[J].水利科技与经济,2010,16(5):508-509.
[2] 刘 琦,潘伟斌.环境质量评价[M].广州:华南理工大学出版社,2008.
[3] 赵铁云,尉晓松,孙爱民.保定市水资源承载力研究[J].河北水利,2011,(8):41-46.
[4] 张 娜.石家庄水资源现状分析及改善措施[J].水科学与工程技,2010,(增):47-48.

题,研究了生物慢滤技术对其去除效果,实验结果表明。

(1)硝化过程发生在滤器上部0.5 m内;反硝化过程主要是在滤器下部完成。当生物慢滤反应器运行稳定后,氨氮去除率可达98%,总氮去除率最高可达51.1%。

(2)当生物慢滤反应器滤速在0.3~0.6 m/h时,滤速变化对氨氮去除效果影响不显著;当滤速大于0.6 m/h时,氨氮去除率下降。继续增大滤速,反应器运行阻力增大,并很快发生堵塞。

(3)不同重金属对氨氮去除效果影响程度不同。当进水中铅、镉离子浓度超过国家地表水环境质量标准(GB3838-2002)Ⅴ类水标准时,对氨氮去除效果影响显著,氨氮去除率下降50%。 □

参考文献:

[1] 国务院关于印发国家环境保护“十二五”规划的通知,国发[2011]42号。
[2] 王金保,王敬斌.同步硝化反硝化脱氮机理分析及影响因素研究.江西科学[J],2008,26(2):345-350.
[3] Masuda S, Watanabe Y, Ishiguro M. Bio-film properties and simultaneous nitrification and denitrification in aerobic rotating biological contactors[J]. Wat Sci Tech, 1991, 23: 1 355-1 363.
[4] Bruce E Rittmann, Wayne E Langeland. Simultaneous nitrification and denitrification in single-channel oxidation ditches[J]. WPCF, 1985, 57(4).
[5] 国家环保总局.水和废水标准分析方法[M].北京:中国环境科学出版社,1998.
[6] 刘玲花,周怀东.生物慢滤技术用于农村饮水处理的研究[J].安全与环境学报[J],2004,4(1):12-17.
[7] Sukru Aslan, Hatice Cakici. Biological denitrification of drinking water in a slow sand filter s[J]. Journal of Hazardous Materials, 2007, 148, 253-258.
[8] Sukru Aslan, Aysen Turkman. Nitrate and pesticides removal from contaminated water using biodenitrification reactors[J]. 2006, 41: 882-886.
[9] Monroe L. Weber-Shirk, Kwok Loon Chan. The role of aluminum in slow sand filtration[J]. 2007, 41: 1 350-1 354.
[5] 黄晓静.唐山市水资源存在的问题与对策[J].河北水利,2006,(3):43.
[6] 胡景鹏,何 平.廊坊市地下水资源可持续利用的主要问题及对策分析[J].地下水,2011,33(3):44-45.
[7] 张克阳,苏 亮,班富孝.张家口市水资源优化配置探讨[J].现代农业科技,2010,(14):235-237.
[8] 翟国敏.沧州水资源现状与对策[J].河北水利,2010,(6).
[9] 王小兰.衡水市水资源可持续利用对策[J].河北水利,2006,(7):40.
[10] 薛建军.承德市水资源可持续利用对策[J].河北水利,2012,(1):28.
[11] 吴 旭,曹晓彬.邯郸市水资源开发利用现状分析与对策[J].河北水利,2010,(6):45.
[12] 吴丽英.邢台市水资源供需平衡问题分析及对策研究[J].地下水,2010,32(2):123-128.
[13] 袁华俊.秦皇岛市水资源保护利用实践与思考[J].科协论坛,2012,9(下):117-118.
[14] 代倩倩.河北省水环境安全及其评价体系构建[D].保定:河北农业大学,2011:17-21.