



DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2022. 04. 005

常州城市饮用水水源安全评估及优化对策研究

唐磊¹, 徐丽丽¹, 吴爽¹, 贾书惠¹, 芮文武¹, 王巍巍¹,
王兴双²

(1. 中国城市规划设计研究院, 北京 100044; 2. 常州通用自来水有限公司, 江苏 常州 213003)

摘要: 开展城市饮用水水源安全评估工作对保护水源水环境质量、降低污染风险、保障城市供水安全和居民饮水安全具有重要意义。采用层次分析法,从水质安全、水量安全、应急供水能力、风险水平及监管防范能力四个维度构建城市饮用水水源安全评估指标体系;结合常州市河湖水网连通、饮用水水源江(长江)湖(长荡湖)并举、工业危化品重大危险源多、全面禁采深层地下水等供水基本特点,对常州市城市饮用水水源安全进行了综合评估。评估得出常州城市饮用水水源安全等级为“安全”,城市供水安全水平较高,现状水源总体稳定、可靠;在四个评估维度中“风险水平及监管防范能力”相对最为薄弱,存在较多问题和风险。通过水源安全评估有效识别出各水源及应急备用水源存在的问题、短板及风险,对常州城市饮用水水源保护、应急备用水源建设、水源配置等提出优化和改善建议,为进一步提高常州城市供水安全保障能力提供参考,同时为其他城市提供借鉴。

关键词: 水源安全; 应急备用水源; 指标体系; 评估; 供水安全保障

中图分类号: TU991 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)04-0023-10

Research on Safety Assessment and Optimization Countermeasure of Urban Drinking Water Source in Changzhou

TANG Lei¹, XU Li-li¹, WU Shuang¹, JIA Shu-hui¹, RUI Wen-wu¹,
WANG Wei-wei¹, WANG Xing-shuang²

(1. China Academy of Urban Planning & Design, Beijing 100044, China; 2. Changzhou CGE Water Co. Ltd., Changzhou 213003, China)

Abstract: Carrying out safety assessment of urban drinking water source is of great significance for protecting the water environment quality of water source, reducing the risk of pollution, and ensuring the safety of urban water supply and residents' drinking water. This study uses the Analytic Hierarchy Process(AHP) method to construct an urban water source safety assessment index system from four dimensions: water quality safety, water quantity safety, emergency water supply capacity, risk level and regulatory prevention ability. Considering the basic water supply characteristics of Changzhou, such as the intersection connectivity of rivers and lakes, the drinking water source including rivers (Yangtze) and

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2017ZX07201002)

通信作者: 唐磊 E-mail: tanglei_2013@163.com

lakes (Changdang Lake), having a large number of industrial chemicals hazardous sources, and the comprehensive prohibition of deep groundwater exploitation, the paper comprehensively evaluated the safety of drinking water source in Changzhou. The evaluation results show that the safety level of water source in Changzhou is “safe”, the safety level of urban water supply is relatively high, and the current water sources are generally stable and reliable. Among the four evaluation dimensions, the “risk level and regulatory prevention ability” is relatively weak, and there are many problems and risks in water source areas. The problems, shortcomings and risks in various source water and emergency standby source water are effectively identified through the evaluation, and the optimization and suggestions on water source protection, emergency standby water source construction, and water source allocation for Changzhou are proposed, hoping to provide a reference to improve Changzhou’s urban water supply security assurance capabilities, and provide reference for other cities.

Key words: water source safety; emergency standby water source; index system; assessment; water supply safety guarantee

近年来,城市饮用水水源安全评估受到越来越多的重视,通过对水源各项指标进行评估,可以全面掌握城市各水源及应急备用水源的安全状况,及时发现存在的问题和安全隐患,识别出需要重点开展的水源地保护和污染防治工作,为城市水源优化配置和规划布局提供重要参考,并为水厂在处理原水过程中采取相应的措施提供依据。

1 城市饮用水水源安全评估指标体系构建

1.1 评估方法及指标体系选取

城市饮用水水源安全是由许多影响因素组成的复杂系统,各子系统之间相互联系、相互影响。当前使用较多的水源安全评估方法有层次分析法、模糊数学法、灰色关联法及压力-状态-响应模型等,其中层次分析法可以将定量与定性相结合,在多目标、结构复杂且缺乏必要数据情况下,对复杂系统进行评估时具有较强的可操作性和实用性^[1-2]。根据城市水源安全系统多因素、多层次、多目标的特点,采用层次分析法确定水源安全指标及权重,可对城市饮用水水源安全进行科学和客观的评估。

根据全面性、代表性、实用性和可操作、可指导等原则,对反映水源安全的核心关键指标进行研究和筛选,并采用层次分析法建立反映城市饮用水水源安全的评估指标体系框架,评估指标分为目标层、准则层、指标层三个层次,如表 1 所示。为了便于量化评估和对同一水源的各个指标进行对比分析,将每个指标的评估结果由劣到优分别赋值为 1~5 分;邀请水资源、水利、供排水、生态环境及城市规

划等领域的专家,根据不同指标的重要性和关键程度,采用专家打分法确定各指标权重。

表 1 城市饮用水水源安全评估指标体系

Tab.1 Index system of urban drinking water source safety assessment

目标层	准则层	指标层	评估指标得分		
			单项指标评分/分	指标权重	
城市饮用水水源安全状况	水质安全评估	一般污染物水平	5	0.1(0.05)	0.3
		有毒污染物水平	5	0.2(0.15)	
		富营养化水平(湖泊)	5	0(0.1)	
	水量安全评估	枯水年来水量保证率	5	0.1	0.3
		取水、净水设施供水能力	5	0.1	
		流域/区域水资源配置状况	5	0.1	
	应急供水能力评估	应急备用水源供水规模	5	0.05	0.2
		应急备用水源水质状况	5	0.1	
		应急备用水源运维管理水平	5	0.05	
	风险水平及监管防范能力评估	风险种类及数量	5	0.05	0.2
		污染源危害程度	5	0.05	
		风险综合防范能力	5	0.05	
风险综合处置能力		5	0.05		

注: 湖库型水源评估指标权重选用括号内数值。

1.2 各准则层评估指标及方法

① 水质安全评估

水质安全指标反映水源水质是否满足饮用水

水源水质要求,参照《全国城市饮用水水源地安全状况评估技术细则》相应标准及计算方法,分别对一般污染物水平、有毒污染物水平和湖泊富营养化水平进行评估,评估结果取1~5分,分别对应从劣到优5个等级^[3](见表2)。一般污染物水平采用等权重进行评估;有毒污染物水平评估采用单因子法,对最差的项目赋全权;湖库型水源富营养化水平评估采用评分法,将单项浓度值转为评分,监测值处于表列值两者中间者可采用相邻点内插,再对各项目评分值求均值。

表2 饮用水水源水质安全评估指标

Tab.2 Indexes of drinking water source quality safety assessment

目标	评估指标	项目	评分及标准				
			5分	4分	3分	2分	1分
水质安全评估	一般污染物水平	溶解氧/(mg·L ⁻¹)	≥7.5	≥6	≥5	≥3	≥2
		高锰酸盐指数/(mg·L ⁻¹)	≤2	≤4	≤6	≤10	≤15
		化学需氧量/(mg·L ⁻¹)	≤15		≤20	≤30	≤40
	
	有毒污染物水平	挥发性酚类(以苯酚计)/(mg·L ⁻¹)	≤0.002		≤0.005	≤0.01	≤0.1
		石油类/(mg·L ⁻¹)	≤0.05			≤0.5	≤1.0
		硝酸盐(N)/(mg·L ⁻¹)	≤10		≤20		≤25
	
	湖泊富营养化水平	评分值/分	10~20	30~40	50~60	70~80	90~100
		叶绿素a/(mg·m ⁻³)	0.5~1	2~4	10~26	64~160	400~1000
总磷/(mg·m ⁻³)		1~4	10~25	50~100	200~600	900~1300	
总氮/(mg·m ⁻³)		20~50	100~300	500~1000	2000~6000	9000~16000	
...		

② 水量安全评估

水量安全指标反映水源水量是否满足城市用水需求,分别选取水源枯水年来水量保证率,取水、净水设施供水能力,以及流域/区域水资源配置状况3个指标进行评估,评估结果取1~5分,见表3。其中

枯水年来水量保证率主要表征地表水水源来水量的变化情况,枯水年来水量保证率=现状水平年枯水流量/设计枯水流量×100%;取水、净水设施供水能力主要反映取水工程的建设规模及运行状况,取水、净水设施供水能力=现状综合生活供水量/设计综合生活供水量×100%;流域/区域水资源配置状况主要反映水源所在的流域或区域对水资源利用量的分配是否满足用水量需求,例如流域水资源分配要求、城市“水资源开发利用控制红线”要求等。

表3 饮用水水源水量安全评估指标

Tab.3 Indexes of drinking water source quantity safety assessment

目标	评估指标	评分及标准				
		5分	4分	3分	2分	1分
水量安全评估	枯水年来水量保证率/%	≥97	95~97	90~95	85~90	<85
	取水、净水设施供水能力/%	≥95	90~95	80~90	70~80	<70
	流域/区域水资源配置状况	满足需求,且有较大富余	满足需求,且有少量富余	基本满足需求	不满足需求,且差距较小	不满足需求,且差距较大

③ 应急供水能力评估

应急供水能力指标反映应急备用水源相关因子是否满足城市应急供水要求,参考国家和地方相关部门出台的城市供水安全保障文件要求,确定应急供水能力评估等级及标准,分别对应急备用水源供水规模、应急备用水源水质状况、应急备用水源运维管理水平3个指标进行评估,评估结果取1~5分(见表4),其中应急备用水源运维管理水平评估指标评分分为1、3、5分三档。各评估指标的第二层级指标采用表5中的判别矩阵进行计算评估。

④ 风险水平及监管防范能力评估

风险水平及监管防范能力指标反映城市饮用水水源及应急备用水源受到污染的风险水平,以及相关部门对污染风险的监管和防范能力是否满足要求。分别选取污染风险种类及数量、风险源危害程度、风险综合防范能力、风险综合处置能力4个指标进行评估,评估结果取1~5分,其中风险综合防范能力、风险综合处置能力评估指标评分分为1、3、5分三档。具体指标评分及标准如表6所示。

表 4 饮用水水源应急供水能力评估指标

Tab.4 Indexes of emergency water supply capability assessment for drinking water source

目标	评估指标		评分及标准				
			5分	4分	3分	2分	1分
应急供水能力评估	应急备用水源供水规模	应急供水可持续时间/d	≥9	7~9	5~7	3~5	<3
		日均供水能力占平均日居民生活用水量的比例/%	≥90	70~90	50~70	30~50	<30
	应急备用水源水质状况	与常用水源关系,是否会同时受污染	完全独立,不受影响	相对独立,受影响极小	相对独立,受影响较小	密切联系,受影响较大	密切联系,受影响极大
		水质及波动情况,水厂工艺是否匹配	水质良好且稳定	水质良好但不稳定,水厂工艺可适用或有相应的应急工艺	水质不达标,水厂工艺可适用或有相应的应急工艺	水质不达标,水厂工艺不适应导致出水不能稳定达标	水质不达标,水厂工艺无法应对
	应急备用水源运维管理水平	取水泵站及浑水管线日常维护情况	维护较好,可随时启用		维护和管理水平一般		维护不到位
		应急演练和水质检测情况	定期演练和检测,且频率较高		定期演练和检测,频率较低		很少演练和检测

表 5 应急供水能力评估判别矩阵

Tab.5 Matrix for judging emergency water supply capacity

分

日均供水能力占平均日居民生活用水量比例评分	应急供水可持续时间评分				
	5	4	3	2	1
5	5	5	4	3	1
4	5	4	4	2	1
3	4	4	3	2	1
2	3	3	2	1	1
1	2	1	1	1	1

表 6 饮用水水源风险水平及监管防范能力评估指标

Tab.6 Indexes of risk level and regulatory prevention ability assessment for drinking water source

目标	评估指标		评分及标准				
			5分	4分	3分	2分	1分
风险水平及监管防范能力评估	污染风险种类及数量	污染风险种类	污染源种类少	污染源种类较少	污染源种类中等	污染源种类较多	污染源种类多
		污染源数量	污染源数量少	污染源数量较少	污染源数量中等	污染源数量较多	污染源数量多
	污染源危害程度	污染事件发生频率	近5年未发生污染事件	近3年未发生污染事件	近5年发生污染事件0~3次	近3年发生污染事件0~3次	近3年发生污染事件次数≥3次
		对水源水质影响程度	对水源水质危害极小	对水源水质危害较小	对水源水质危害中等	对水源水质危害较大	对水源水质危害极大
	风险综合防范能力	水源保护区划定情况	划定水源保护区		划定准保护区		未划定水源保护区
		水源地监测、监察、执法能力	监测、监察、执法能力强		监测、监察、执法能力一般		监测、监察、执法能力弱
	风险综合处置能力	风险响应能力	能快速发现污染并给予响应		风险响应能力一般		不能及时发现污染并给予响应
		风险处置能力	制定应急预案,风险处置能力强		风险处置能力一般		无应急预案,风险处置能力弱

1.3 城市饮用水水源安全综合评估等级

① 单水源安全评估

根据以上各评估指标的评分和标准对单个常用水源和应急备用水源安全进行评估,其中常用水源对应表1中水质安全、水量安全和风险水平及监管防范能力3个维度的指标,应急水源对应表1中应急供水能力和风险水平及监管防范能力2个维度的指标,各指标评估结果取1~5分。通过对同一水源不同指标的对比分析,可识别水源存在的突出问题和短板。

② 城市水源安全综合评估

在单水源评估结果的基础上,根据各水源供水量占比对各指标层评分进行加权求和计算,其中常用水源按照其占城市总供水量比例计,应急备用水源按照应急供水量比例计;根据表1中的各指标权重,对所有指标评分进行加权求和,评估城市饮用水水源安全状况,评估结果取1~5分,得分由低到高分别对应“极不安全、不安全、警戒、较安全、安全”5个等级(见表7)。

表7 城市饮用水水源综合安全等级

Tab.7 Comprehensive safety level for urban drinking water source

安全等级	极不安全	不安全	警戒	较安全	安全
综合评估值	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5

2 常州市饮用水水源安全评估

以常州市饮用水水源和应急备用水源为对象,结合常州水源和供水特点,按照所建评估指标体系和评估方法对其水源安全进行评估。评估过程中收集和参考了常州统计年鉴、供水相关规划以及常州市水利局、生态环境局和相关自来水厂等提供的数据和资料。

2.1 城市供水及饮用水水源基本情况

常州市区现有6座城市自来水厂,最大供水规模约为 $196 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,除金坛区西部山区外,市区范围内已实现城乡供水一体化。以京杭大运河和金坛区行政边界为界,常州市区可分为3个供水片区,其中运河北片区和运河南片区以长江为饮用水水源,金坛区以长荡湖为主要饮用水水源。当长江水源发生突发性污染事件时,运河北片区主要利用德胜河作为应急备用水源,运河南片区主要利用溧湖作为应急备用水源,同时两大片区通过区域联网进

行相互补充,金坛区则仍使用长荡湖水源;当长荡湖水源发生突发性污染事件时,运河南片区、北片区继续使用长江水源,金坛区启用常金供水工程和金武供水工程作为应急水源。

常州市区现状供水格局见图1。



图1 常州市区现状供水格局

Fig.1 Water supply layout of Changzhou

2.2 城市饮用水水源安全评估

2.2.1 水质安全评估

以常州主要饮用水水源长江和长荡湖为对象,从相关部门获取水源水质监测数据,分别对各水源的一般污染物水平、有毒污染物水平、富营养化水平(长荡湖)进行评估。

① 长江水源评估

长江水源水质状况优良,一般污染物水平综合评分为5分;个别有毒污染物超标较多,其中汞、二氯甲烷、1,2-二氯乙烷、苯、1,4-二氯苯、1,2-二氯苯单项评分为1分的月份较多,1,2-二氯乙烯、三氯甲烷、三氯乙烯、四氯乙烯、苯乙烯个别月份单项评分为1分,考虑到魏村水厂处理工艺可有效应对,长江水源有毒污染物水平综合评分为3分。

② 长荡湖水源评估

一般污染物水平综合评分为4分;有毒污染物水平综合评分为5分(有毒污染物监测项目较少);长荡湖当前处于中度富营养化状态,近年来呈小幅度波动,湖泊富营养化水平综合评分为3分。

2.2.2 水量安全评估

以常州主要饮用水水源长江和长荡湖为对象,分别对各水源枯水年来水量保证率,取水、净水设施供水能力,以及流域/区域水资源配置状况进行

评估。

① 长江水源评估

长江水资源极其丰富,根据长江水文站流量数据统计,当常州长江水源取水量为 $200 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 时其枯水流量保证率为100%,水量可保障常州市供水。根据常州市近年自来水生产能力及供应量变化统计,现状已建取水泵站、水厂、输水管道等工程供水能力满足城市用水需求。根据常州市“水利三条红线”用水总量限制要求,2030年常州市用水量不超过 $29.01 \times 10^8 \text{ m}^3$ (2017年全市用水量 $25.9 \times 10^8 \text{ m}^3$),未来可用水资源量仍有较大空间。因此,长江水源水量评估各指标评分均为5分。

② 长荡湖水源评估

对长荡湖特殊干旱年(经验频率 P 接近95%)逐月出入湖水量进行分析,特殊干旱年来水量最少月份平均可供水量为 $130 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,满足长荡湖饮用水最大取水量要求,枯水年来水量保证率为100%;2018年长荡湖水厂正式供水,根据金坛区近年自来水生产能力及供应量变化统计,现状已建取水泵站、水厂、输水管道等工程供水能力满足用水需求;长荡湖水功能区规划为饮用水源和渔业用水,作为饮用水源仅供金坛区使用,不存在区域用水协调或水量限制,区域水资源配置满足金坛区需求且有较大富余。因此,长荡湖水源水量评估各指标评分均为5分。

2.2.3 应急供水能力评估

应急供水能力评估应在整个城市供水格局下进行系统分析。常州市区运河北片区、运河南片区和金坛片区三个供水分区的主要应急备用水源分别为德胜河、漏湖、常金金武供水,分别对各应急备用水源的供水规模、水质状况和运维管理水平进行评估。

① 德胜河应急备用水源——运河北片区

a. 水量保障。根据相关研究报告,在应急状态下德胜河可连续7d提供 $30 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 原水,此外运河北片区可利用区域联网供水约 $7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ^[4],应急日均供水能力可达到上一年度平均日居民生活用水量的70%以上。因此,德胜河应急备用水源供水规模评分为4分。

b. 水质状况。德胜河为通江骨干河道,入长江处建有水利枢纽,一旦长江发生突发水污染事故可关闭魏村枢纽,使德胜河成为半封闭型河道;德胜

河当前水质基本稳定在Ⅲ类,但部分重金属指标超标且支流水质较差,随着取水时间的延长,德胜河取水处水质有变差的风险;德胜河与长江水源相对独立,水质基本达标但不稳定,魏村水厂已经增加深度处理工艺,可保证应急供水时出厂水水质达标,故德胜河应急备用水源水质状况评分为3分。

c. 运维管理水平。德胜河应急取水工程已建成和投运,进行过多次演练,并按照相关要求在日常维护管理,可确保应急状况下随时启用,故德胜河应急备用水源运维管理水平评分为5分。

② 漏湖应急备用水源——运河南片区

a. 水量保障。根据相关研究报告,漏湖取水 $80 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的枯水流量保证率不低于97%,在应急状态下可连续提供 $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的原水,此外运河南片区可利用区域联网供水约 $7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,应急日均供水能力可达到上一年度平均日居民生活用水量的90%以上,故漏湖应急备用水源供水规模评分为5分。

b. 水质状况。漏湖与长江直线距离约40km,水系相对独立,同时发生污染的概率较小;漏湖曾是常武地区重要的饮用水水源,但在1985年—2008年间水质不断恶化,近年来经过大力治理水质有所好转,当前总体水质为Ⅲ~Ⅴ类,兼有化学污染和富营养化的特征,湖心区水质基本处于Ⅲ类^[5];漏湖与长江水源相对独立,但水质不佳,由于漏湖对应的应急水厂处理工艺可保证应急供水时出厂水水质达标,故漏湖应急备用水源水质状况评分为3分。

c. 运维管理水平。漏湖应急备用水源工程已经投入运行,一旦长江水源发生污染,漏湖备用水源可向武进水厂、湖滨水厂供水;漏湖应急备用取水设施的维护保养和应急演练基本良好,但应急备用水源管网与城市供水管网连通有待加强;故应急备用水源运维管理水平评分为4分。

③ 常金、金武供水工程——金坛片区

a. 水量保障。在长江水源安全的情况下,常金供水和金武供水工程可连续为金坛区供水,应急日均供水能力可达到上一年度平均日居民生活用水量的90%以上,故金坛区应急备用水源供水规模评分为5分。

b. 水质状况。金坛区应急备用水源为长江,与长荡湖相对独立,同时发生污染事件的概率较小;故金坛区应急备用水源水质状况评分为4分。

c. 运维管理水平。长荡湖水厂启用后,常金供水工程和金武供水工程均予以保留,紧急状况下可即启即用,并按要求进行日常维护管理,故金坛区应急备用水源运维管理水平评分为5分。

2.2.4 风险水平及监管防范能力评估

以常州饮用水水源长江、长荡湖和应急备用水源德胜河、溇湖为对象,分别对风险种类及数量、污染源危害程度、风险综合防范能力、风险综合处置

能力进行评估。

常州饮用水水源及应急备用水源主要潜在污染风险统计情况^[5-6]如表8所示,以此为基础评估分析各水源和应急备用水源污染风险源种类及数量,污染事件发生概率,风险源对水源危害程度,水源保护区划定情况,各水源(应急备用水源)地监测、监察、执法能力,风险响应能力,以及风险处置能力等,评估结果如表9所示。

表8 常州各饮用水水源及应急备用水源主要潜在污染风险汇总

Tab.8 Summary of main potential pollution risks of drinking water source and emergency standby water source in Changzhou

项目	主要潜在污染风险	潜在风险污染物
长江水源	长江常州上游段发生污染事件;危险品运输船舶过境,遇有碰撞、搁浅等交通事故和装卸作业时发生泄漏或爆炸;长江常州段沿岸集聚的化工园区发生“化燃”“化爆”“化泄”等事故;德胜港、录安洲重化工码头港口进行危险品装卸作业的船舶发生泄漏或爆炸;夹江停泊的渔船、加油船及过往船只发生泄漏;汛期德胜河、省庄河等城市河道向长江开闸排水	与石油、化工相关的污染物及汞、二甲甲烷、苯等
长荡湖水源	湖体及河道内源污染严重,底泥中污染物量持续增长,湖区呈现强释放状态;大浦港、白石港、北干河和湟里河4条主要入湖河流污染较严重;丹金溧漕河和通尧河通行船只多、运输量大,船舶生活污水、洗舱水等排放;湖区餐饮船舶污染物排放量随着旅游度假区开发建设持续增加;流域范围内畜禽养殖、水产养殖、种植业污染面广量大;部分农村生活污水及垃圾直接进入水体,部分乡镇企业存在工业废水直排等情况	高锰酸盐、总磷、总氮、氨氮等
德胜河应急备用水源	船舶通行、航道建设、港区开发等带来污染;未划定水源保护区,难以执行水源保护区的相关保护规定;当长江发生重大突发性污染事件时,沿江枢纽不能及时关闭或未能完全阻隔;周边连通支流水系水质较差,汛期支流河道排水污染;河道周边城镇建设用地在降雨期间产生大量的雨水径流污染;河道周边工业废水直接进入德胜河,河道上游大量农田产生农业面源污染	石油、氨氮、Cr、Mn、Pb等
溇湖应急备用水源	受入湖河道污染影响较大,丰水期水质较差;泥沙通过河流入湖,网围区大量投加饵料,湖中底泥氮、磷富积量和释放量增加;沉积物中As、Cd和Hg等重金属污染严重;城市污水、工农业废水入湖污染物排放量较多;大量使用的农药、化肥及畜禽养殖业粪便入湖	石油、TN、NH ₃ -N、TP等

表9 常州城市饮用水水源风险水平及监管防范能力评估结果

Tab.9 Assessment results of drinking water source risk level and supervision prevention capability in Changzhou

目标	评估指标	评分及标准				
		5分	4分	3分	2分	1分
风险水平及监管防范能力评估	污染风险种类及数量	长江			√	
		长荡湖			√	
		德胜河(应急备用)				√
		溇湖(应急备用)			√	
	污染源危害程度	长江			√	
		长荡湖		√		
		德胜河(应急备用)			√	
		溇湖(应急备用)		√		
	风险综合防范能力	长江		√		
		长荡湖		√		
		德胜河(应急备用)				√
		溇湖(应急备用)			√	
	风险综合处置能力	长江		√		
		长荡湖		√		
		德胜河(应急备用)			√	
		溇湖(应急备用)			√	

2.2.5 水源安全综合评估结果

基于以上各准则层评估结果,通过综合计算得出常州市城市饮用水水源安全评估结果为 4.1 分,评估等级为“安全”。常州市城市供水安全水平较高,现状水源总体稳定、可靠,城市供水安全可以得到良好保障。在四个维度中,“风险水平及监管防范能力”相对薄弱,存在较多问题和风险(见图 2)。

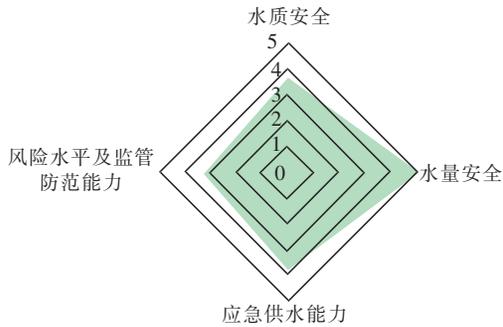


图 2 常州市城市饮用水水源安全评估结果雷达分析

Fig.2 Radar analysis of drinking water source safety assessment result in Changzhou

3 常州市城市饮用水水源安全优化对策建议

3.1 现状水源供水安全优化建议

① 长江水源

长江水源安全评估结果(见图 3)表明,长江水源的主要问题和薄弱环节为部分有毒污染物超标频次较高,发生水污染事件的风险因素较多,对饮用水源威胁较大。

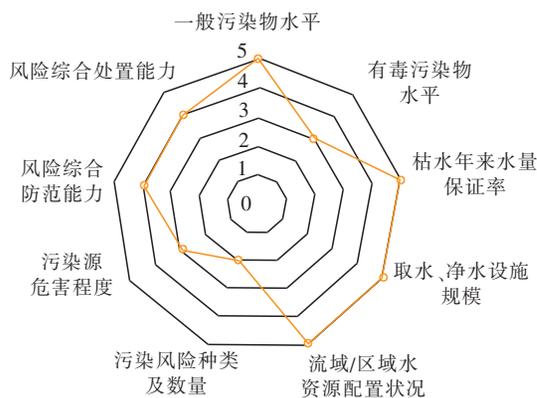


图 3 长江水源评估结果雷达分析

Fig.3 Radar analysis of assessment result of Yangtze River water source

为进一步提升常州长江水源供水安全保障能力,提出以下建议:完善长江水源在线水质监测系统和水质预警系统,建立流域性的长江饮用水源突

发污染信息联网互通机制和预警体系,实时掌握长江水污染情况;强化企业风险监管,定期检查沿江企业环保设施运行情况及应急措施的落实情况;提高船舶污染监控水平,严格监管运输危险品的船舶,加强码头设置和防护措施管理;成立专业水上应急救援队伍,加强水上事故应急处置物资储备,提高长江污染应急处置能力^[6]。

② 长荡湖水源

长荡湖水源评估结果(见图 4)表明,长荡湖水源没有明显的薄弱环节,主要问题是水体处于中度富营养化状态,并且污染风险种类较多。

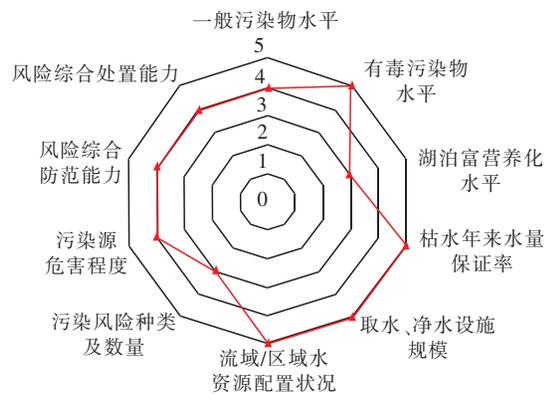


图 4 长荡湖水源评估结果雷达分析

Fig.4 Radar analysis of assessment result of Changdang Lake water source

为进一步提升长荡湖水源供水安全保障能力,提出以下建议:在长荡湖流域内开展河网生态修复工程,疏浚湖底和进出湖河道,整治长荡湖周边禽畜养殖场,加强对湖区船只排污监管,提高河网和水体自净能力,抑制藻类的生长繁殖;加强环境监管,完善水质预警和污染应急处理机制,对长荡湖水质实行定期和不定期监测,研究评估潜在污染事件发展趋势和影响范围,提出相应的应急处理预案。

3.2 应急供水安全优化建议

① 德胜河应急备用水源

根据评估结果(见图 5),德胜河应急备用水源的主要问题及短板为:应急备用水源难以划定水源保护区,从而导致水源保护管理受限;潜在污染风险种类多、数量大,且风险防范能力较弱;德胜河汛期水质波动较大,部分支流水质差,应急供水期间维持良好水质的时间可能较短。

为进一步提升德胜河应急供水保障能力,提出

以下建议:探索建立应急水源环境保护管理机制,划定德胜河相关“应急水源保护区”并制定保障措施;加强对河道周边企业、码头和河道内机动船只的管理,整治或迁移河道周边企业和码头的污水排出口;完善周围城镇居民的生活污水收集处理系统;对德胜河上游支流进行治理,关注农业面源、城镇雨水径流污染并采取治理措施。

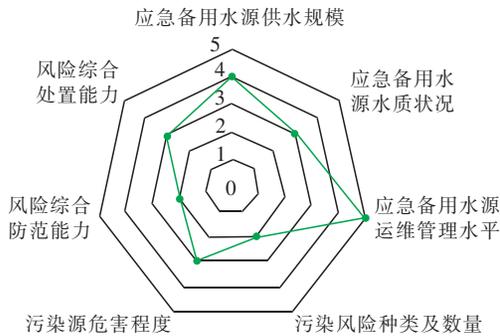


图5 德胜河应急备用水源评估结果雷达分析

Fig.5 Radar analysis of assessment result of Desheng River emergency standby water source

② 溇湖应急备用水源

根据评估结果(见图6),溇湖应急备用水源的主要问题及短板为:现状水质状况不佳且不稳定,超标污染物较多,处于中度富营养化状态;潜在的污染风险种类较多,且污染防治难度很大。

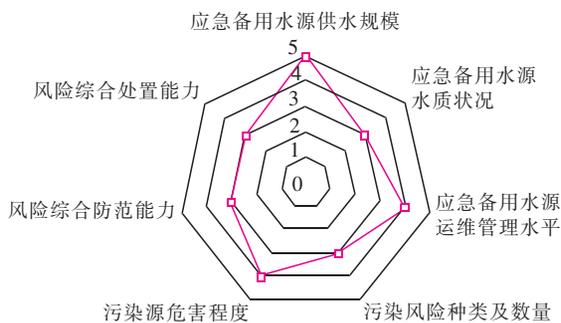


图6 溇湖应急备用水源评估结果雷达分析

Fig.6 Radar analysis of assessment result of Gehu Lake emergency standby water source

为进一步提升溇湖应急供水保障能力,提出以下建议:加快溇湖流域内生活污水管网建设,提高生活污水处理率;合理发展水产养殖业,拆除超面积围网,控制和削减湖区围网养殖污染;进行农业种植结构调整,提高灌溉技术,降低农业化肥、农药的使用量;在近岸区域实施生态恢复工程,提高湿地面积,形成自然繁衍的水生植物群落;完善应急

备用水源日常监管制度,加快备用水源管网与城市供水管网的完全连通;加快实施并充分发挥新孟河延伸拓浚工程效益,持续改善溇湖水质。

3.3 常州市饮用水水源优化配置建议

① 常州市供水水源变化历程

20世纪90年代之前,常州市饮用水源为溇湖、京杭大运河、丹金溧漕河和钱荡荡。随着常州人口和经济规模的迅速增长,城市用水量急剧增加,20世纪90年代开始将长江作为供水水源。随着水环境污染的加剧,溇湖、京杭大运河等水源不再作为饮用水水源,城市饮用水水源以长江为主。为满足经济社会发展用水需求和提高供水保障水平,2018年金坛区启用长荡湖作为饮用水水源。

新孟河延伸拓浚工程是国家172项节水供水重大水利工程之一,北起长江,通过河道连接溇湖和长荡湖,最后进入太湖,多年平均引水 $33 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 。2015年11月,新孟河金坛先导段工程开工建设。新孟河工程的实施将为常州增加一条清水供应通道,既可为沿线供水,又能有效改善溇湖水质,将对常州供水结构产生较大影响。

② 常州市供水水源规划建议

在新孟河工程完工之前,常州市区近期仍沿用当前饮用水水源和应急水源,并进一步提升、加强水源保护和应急供水能力建设,保障饮水安全、供水安全和水生态安全。远期基于常州市发展和用水变化,合理配置水资源,构建“江湖联动、多源互补”的水源安全格局:建议保留长江魏村、长江利港、长荡湖水源,增加溇湖为饮用水水源,将新孟河作为应急备用水源,并建设新孟河应急取水工程;当长江水源发生水污染时,切换新孟河进行应急供水;当溇湖水源发生水污染时,使用长江水源保障供水;当长荡湖水源发生水污染时,使用新孟河和长江水源进行应急供水。

3.4 自来水厂及管网优化建议

① 优化水厂处理工艺,提高水污染事故应对能力。当前常州各自来水厂均已增加深度处理工艺,为了应对可能突发的主水源污染和应急水源水质不完全达标问题,建议各相关水厂进一步研究分析水源和应急水源水质的动态变化特征,完善水处理工艺,优化预处理、强化常规处理与深度处理单元的组合,最大程度地降低风险。此外,各水厂还应该加强应急物资储备,确保突发情况时应急投加

药品充足、投加系统装置正常工作;对各应急设备进行定期维护,确保能够随时正常启动;制定应急预案和应急演练计划,定期开展应对突发污染事件的演练,并及时对预案进行完善。

② 加强供水主管连通,提高区域协调供水能力。常州市区现状3个供水分区分别由3家不同企业供水,相互之间通过区域联网工程可在紧急条件下实现应急供水,但是供水量相对较小,应急供水能力有限。建议在维持现状城区供水输配系统格局的基础上,进一步完善区域供水一体化,加强供水管网互联互通,并加强跨区域供水工程输水管线的维护、防腐、监控等,保障长距离输水管线供水安全的可靠性。

4 结语

随着我国经济社会快速发展和人口持续增长,各类工业、生活和面源污染以及日益增多的突发性水污染事件对饮用水水源安全造成了很大的威胁,开展城市饮用水水源安全评估工作,对保障城市供水安全和居民饮水安全具有重要意义。

在总结分析影响城市饮用水水源安全因素的基础上,采用层次分析法,从水质安全、水量安全、应急供水能力、风险水平及监管防范能力四个维度构建了城市水源安全评估指标体系。以常州为例,通过收集资料和现场踏勘等对城市现状水源和供水相关情况进行了全面系统的分析,以此为基础对常州城市饮用水水源安全进行评估。通过评估有效识别了常州城市饮用水水源及应急备用水源存在的各种问题、短板和风险,根据评估结果对常州城市饮用水水源保护、应急备用水源建设等提出了具体的建议,并结合城市发展规划和水利工程建设规划,提出了近期和远期水源优化配置建议,为常州饮用水安全提供参考。

参考文献:

- [1] 曲天歌. 饮用水水源安全评价研究现状及方法综述[J]. 农村经济与科技, 2018, 29(19): 47-48.
QU Tiange. Review of research status and methods of drinking source water safety assessment [J]. Rural Economy and Science-Technology, 2018, 29(19): 47-48 (in Chinese).
- [2] 田多松. 城市水源地环境风险源综合评价体系及管
- 理对策研究——以太浦河为例[D]. 上海: 华东师范大学, 2016.
- TIAN Duosong. Comprehensive Evaluation System of Environmental Risk Sources and Management Measures in Urban Water Source: A Case Study of Taipu River [D]. Shanghai: East China Normal University, 2016 (in Chinese).
- [3] 朱党生, 张建永, 程红光, 等. 城市饮用水水源地安全评估(I): 评估指标和方法[J]. 水利学报, 2010, 41(7): 778-785.
ZHU Dangsheng, ZHANG Jianyong, CHENG Hongguang, et al. Security assessment of urban drinking water sources I: indicator system and assessment method [J]. Journal of Water Conservancy, 2010, 41(7): 778-785 (in Chinese).
- [4] 李书建, 李正兆, 杨宇栋. 常州市城市供水应急系统工程方案探讨[J]. 给水排水, 2009, 35(增刊): 24-27.
LI Shujian, LI Zhengzhao, YANG Yudong. Construction of emergency system of water supply safety in Changzhou City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2009, 35(S): 24-27 (in Chinese).
- [5] 蔡金榜, 孙旭, 苏良湖, 等. 漏湖污染源调查与分析[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(5): 224-227.
CAI Jinbang, SUN Xu, SU Lianghu, et al. Ge Lake pollution sources investigation and analysis [J]. Jiangsu Agricultural Science, 2018, 46(5): 224-227 (in Chinese).
- [6] 邓文英, 李雯香, 范秀娟. 长江常州段饮用水源地环境风险等级评估及防范对策研究[J]. 江西化工, 2013(3): 13-19.
DENG Wenyong, LI Wenxiang, FAN Xiujuan. The environmental risk level assessments and risk prevention countermeasures of drinking water sources in Changzhou section of Yangtze River [J]. Jiangxi Chemical Industry, 2013(3): 13-19 (in Chinese).

作者简介:唐磊(1987-),男,陕西渭南人,硕士,工程师,主要从事城市规划、市政基础设施规划、生态环境保护规划,以及海绵城市和黑臭水体治理规划设计等工作。

E-mail:398501864@qq.com

收稿日期:2020-01-19

修回日期:2020-02-07

(编辑:丁彩娟)