

供水安全判别准则及评价体系

——以出山店水库供水区为例

相金才¹, 左其亭^{1,2}, 姜龙¹, 杨峰³, 郭佳航¹

(1. 郑州大学水利科学与工程学院, 河南 郑州 450001; 2. 河南省水循环模拟与水环境保护国际联合实验室, 河南 郑州 450001; 3. 河南省出山店水库建设管理局, 河南 信阳 464043)

摘要: 为了探究水库对城市供水安全的影响,根据提出的供水安全的3个判别准则,构建包含供水水源安全、供水过程安全和用水主体安全3个准则层的供水安全评价指标体系,并基于单指标量化-多指标综合-多准则集成(SMI-P)方法定量分析了出山店水库供水区供水安全状况。研究表明:出山店水库供水区供水安全水平整体不高,但呈上升趋势,基本处于接近安全和较安全水平;各评价指标供水安全度存在较大差异,随着城镇化水平的提高以及基础设施的完善,出山店水库供水区的供水安全度得到有效提高。本研究提出的供水安全判别准则、评价指标及案例分析可为供水安全评价提供参考和借鉴。

关键词: 供水安全; 评价体系; 判别准则; SMI-P方法; 供水安全度; 出山店水库

中图分类号:TV213.4

文献标识码:A

文章编号:1672-643X(2021)04-0060-07

Discrimination criterion and evaluation system of water supply safety:

A case study of the water supply area of Chushandian Reservoir

XIANG Jincai¹, ZUO Qiting^{1,2}, JIANG Long¹, YANG Feng³, GUO Jiahang¹

(1. School of Water Conservancy Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Henan International Joint Laboratory of Water Cycle Simulation and Environmental Protection, Zhengzhou 450001, China; 3. Construction Management Bureau of Chushandian Reservoir of Henan Province, Xinyang 464043, China)

Abstract: In order to explore the influence of reservoir operation on the safety of urban water supply, the evaluation index system of water supply safety was constructed according to the three criteria of water supply source safety, water supply process safety and water users' safety. Then the water supply safety status of Chushandian Reservoir's water-supply area was quantitatively analyzed based on the evaluation method of single index quantification - multiple index synthesis - poly-criteria integration (SMI-P). The results show that the overall level of water supply safety of this area is relatively low which is at a level close to safe and quasi-safe, but it is on the rise. The water supply safety degree of each evaluation index is greatly differentiated. With the improvement of urbanization level and the establishment of infrastructures, the water supply safety degree of the reservoir water supply area will be effectively improved. The proposed discriminant criterion, evaluation indices and case analysis can provide a reference for the evaluation of water supply safety.

Key words: water supply safety; evaluation system; discriminant criterion; single index quantification - multiple index synthesis - poly-criteria integration (SMI-P); water supply safety degree; Chushandian Reservoir

收稿日期:2021-05-20; 修回日期:2021-06-27

基金项目:河南省水利科技攻关计划项目(GG202026)

作者简介:相金才(1997-),男,河南南阳人,硕士研究生,研究方向为水文学及水资源。

通讯作者:左其亭(1967-),男,河南固始人,博士,教授,博士生导师,主要从事水文学及水资源研究。

1 研究背景

随着社会发展水平的不断提高,人类对水资源的需求越来越大,加之全球气候变化和人类活动的加剧,水安全问题越来越突出^[1-2]。人们所熟知的水安全包括供水安全、防洪安全、水质安全、水生态安全、跨境河流安全等多个方面,其中保障供水安全是确保经济社会与生态环境和谐发展的关键。从战略地位上看,供水安全与粮食安全、生态安全以及经济安全密切相关,是支撑国家安全的重要组成部分。因此,对供水安全问题进行研究与评价具有十分重要的意义。

供水安全的概念来源于水安全,属于水安全的一部分,相关研究始于20世纪70年代。韩宇平等^[3]认为水安全是人们能够可持续性获得清洁健康的水资源,水资源的量可满足生产需要和生活需要,同时环境得到有效保护,水资源与经济社会一直处于可持续发展的状态;施春红等^[4]认为城市供水安全是指城市供水系统能够充分保证生活、生产和生态用水,满足用户对水量、水质和水压的要求,使得经济社会能够协调发展;Jenerette等^[5]认为城市供水安全受人口、人均用水量、气候变化和水资源配置等多方面因素的影响;钟涛等^[6]认为供水安全包括水源安全以及输水过程安全,并基于短板效应理论对江苏省供水安全进行了评价。从评价方法来看,能够用于供水安全评价的有很多,韩宇平等^[7]通过构建多目标多层模糊优选模型对部分省区的水安全状况进行了评价;王先庆等^[8]利用灰色关联分析法建立水安全综合评价模型,对贵州省水安全进行了评价;庞爱萍等^[9]从生态需水角度,采用多目标综合分析和供需平衡法评价了农业用水安全;常用的评价方法还有模糊综合评价法、集对分析法、主成分分析法等^[10-14]。

总的来说,无论是水安全还是供水安全,其概念均未有统一说法。不同学者从水量、水质、经济社会和生态环境与供水的关系定义供水安全,但是多数学者仅从一个或两个方面进行解读,不能全面概括供水安全的内涵;其次,目前较多研究关注于水安全的定量评价,缺乏针对供水安全的评价研究。因此综合多个方面理解供水安全的内涵,建立供水安全的评价体系,具有重要的现实意义。基于此,本文从供水安全的内涵解读出发,提出供水安全判别准则,构建供水安全评价指标体系,并运用“单指标量化-多指标综合-多准则集成(single index quantifi-

cation-multiple index synthesis-poly-criteria integration, SMI-P)方法对水库供水区供水安全进行定量评价。

2 供水安全的内涵及判别准则

2.1 供水安全的内涵解读

“供水”是指为满足经济社会的合理需求,采用一定的人工手段使自然界的水资源流向特定地区和用户的过程。“安全”是指没有伤害、没有损失、没有威胁、没有事故发生,其本质是人、物和环境的相互关系的和谐。从水资源的角度出发,供水安全应该满足所提供水资源量和质两方面的安全;其次,从供水的角度来看,供水安全也是供水过程的安全;最后,供水的最终目的是满足用水主体的合理需求(如日常生活用水、生态补水等),所以供水安全应落脚于用水主体的用水满足程度。

基于以上分析,结合笔者对供水安全的理解,对供水安全给出如下定义:供水安全是指能够提供充足水量、稳定水质以及完备设施,满足人民生活、城市发展和生态环境的合理用水需求,保证自然社会可持续发展的供水状态。

综上所述,供水安全是一种和谐可持续的状态,以下从5方面解释供水安全的内涵:(1)水源地能够持续供给稳定可靠的水资源;(2)城市供水管网高度覆盖,相关设施建设完备;(3)人民日常用水满足程度高,用水幸福度显著提升;(4)水资源有力支撑城市发展,经济有序增长;(5)水生态实现良性循环,能够有效支撑经济社会可持续发展。

2.2 供水安全的判别准则

(1)供水水源安全:供水水源是供水的首要环节,供水水源安全则是供水安全的基础,主要体现在水源地的水量、水质状况以及供(蓄)水工程的规模、运行状况等方面。供水水源安全状态下,河道能保持长时间不断流,湖泊、水库等水源水位稳定,丰水期有效蓄水,枯水期稳定供水;水源地水质稳定,基本维持在Ⅲ类水及以上标准;供水工程稳定运行,能持续向城市供给水量。

(2)供水过程安全:供水过程安全是实现用水主体安全的前提,主要体现在输水、净水、配水等供水相关设施的质量及运行状况方面。在供水过程安全状态下,城市供水管网高度覆盖,制净水工艺高水平发展,配水调度实现高度信息化、智能化;输水、净水、配水等环节精准对接,形成安全高效的城市供水管理系统。

(3)用水主体安全:用水主体安全是供水安全的最终目标,主要体现在用户用水满足程度、用水水平、水质标准以及节水技术的先进程度等。用水主体安全状态下,生活、生产、生态用水的合理需求得到有效满足,人民生活质量提高,用水幸福度显著提升;产业结构高度优化,水资源高效配置;生态得到有效改善,自然与社会和谐发展;节水技术高度推广,节水意识明显提升。

供水安全的内涵及其判别准则可用图 1 进行直观展示。

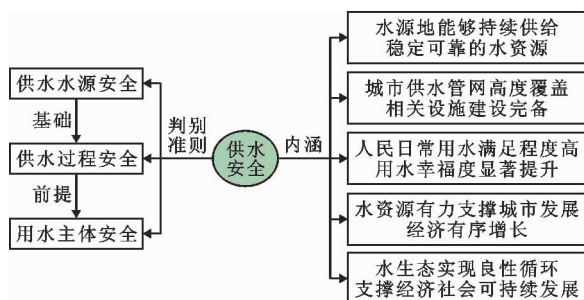


图 1 供水安全的内涵及其判别准则

3 供水安全评价体系

3.1 供水安全评价指标

明晰供水安全的概念内涵是研究的基础,而如何度量供水安全是研究的关键,为此本文在明晰供水安全概念的基础上,构建适用于供水安全评价的指标体系,并利用该指标体系对供水安全进行评价。在参考相关文献[4]的基础上,综合考虑供水安全的 3 个判别准则,结合供水安全概念,以供水安全为目标层,以供水水源安全、供水过程安全和用水主体安全为准则层,从水量、水质和过程 3 个方面选择供水安全评价指标,构建了供水安全评价指标体系(如表 1 所示),用供水安全度(water supply safety degree, WSSD)对供水安全状况进行量化。

对表 1 中各评价指标的选取说明如下:

(1)供水水源安全评价指标。基于供水水源的水资源现状,选择能够体现水源的数量、质量以及供水工程状况的指标,该层次选取了年降水量、水资源总量、水利工程规模等 5 项指标。

(2)供水过程安全评价指标。衡量供水过程安全的指标应能够反映输水管网、净水设备和相关配套基础设施的完善情况,同时考虑数据的可获得性,选取了供水漏损率、水厂出水水质和城镇化率 3 项指标,其中城镇化率用于反映相关基础设施的完善程度。

(3)用水主体安全评价指标。用水主体主要指

城市生产、生活以及生态环境的需水要求,所选指标应能够反映用水主体需水的满足情况,主要选取水功能区水质达标率、万元工业增加值用水量、人均日生活可用水量等 5 项指标。

表 1 供水安全评价指标体系

目标层	准则层	指标层/单位	指标方向
供水安全度	供水水源	年降水量(A_1)/mm	正向
		水资源总量(A_2)/ 10^8m^3	正向
		水利工程规模(A_3)	正向
		供水水源水质(A_4)	正向
		水资源开发利用程度(A_5)/%	逆向
	供水过程	供水漏损率(B_1)/%	逆向
		水厂出水水质(B_2)	正向
		城镇化率(B_3)/%	正向
	用水主体	水功能区水质达标率(C_1)/%	正向
		万元工业增加值用水量(C_2)/ m^3	逆向
		人均日生活可用水量(C_3)/L	正向
		灌溉可用水量(C_4)/($\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$)	正向
		生态环境用水比例(C_5)/%	正向

3.2 供水安全评价方法

目前有关供水安全的研究还未形成系统完整的理论和方法体系,尚无固定的评价方法,和谐论在水关系研究中应用较多且相对成熟,因此本文基于左其亨等^[15-16]提出的和谐评价方法,从供水安全的概念内涵出发构建评价指标体系,采用“单指标量化-多指标综合-多准则集成(SMI-P)”方法进行供水安全的量化评价。

3.2.1 单指标量化 在 SMI-P 方法中,用模糊数学法通过隶属度函数将各个指标分别映射到[0,1]的范围之内,计算反映待评价对象供水安全度的综合指数。将所选指标分为正向指标和逆向指标,每个指标划分为最差值、较差值、及格值、较优值和最优值 5 个等级,根据相应的隶属度计算公式计算各指标的隶属度,具体公式见文献[17]。

3.2.2 多指标综合计算 根据指标对应的权重对其隶属度进行加权计算,得到各准则层的安全度。具体计算方法如下:

$$S_t = \sum_{j=1}^n w_j \mu_j \quad (1)$$

式中: S_t 为第 t 个准则层的安全度, $t = 1, 2, \dots, m$, m 为准则层个数; μ_j 为第 j 个指标的隶属度; w_j 为第 j 个评价指标相应的权重; n 为评价指标的个数。

3.2.3 多准则集成计算 将上述计算的各准则层的供水安全度通过加权平均的方法进行多个准则层的集成,得到供水安全度(WSSD),具体计算方法如下:

$$WSSD = \sum_{i=1}^m \omega_i S_i \tag{2}$$

式中: ω_i 为第 i 个准则层相应的权重,本文认为供水

水源安全、供水过程安全和用水主体安全对供水安全的量化评估同等重要,故取 3 个准则层的权重为 $\omega_1 = \omega_2 = \omega_3 = 1/3$ 。

根据计算得到的供水安全度,以 0.2 为步长,将供水安全度划分为 7 个等级,具体等级划分如表 2 所示。

表 2 供水安全度评价等级

供水安全度	0	(0,0.2)	[0.2,0.4)	[0.4,0.6)	[0.6,0.8)	[0.8,1.0)	1.0
评价等级	非常不安全	不安全	较不安全	接近安全	较安全	基本安全	非常安全

3.2.4 指标权重确定 在进行多指标综合计算和多准则集成计算时均需要确定权重。有关指标权重的确定方法大致分为 3 种,分别为主观权重法、客观权重法和组合权重法。主观确定权重的方法包括层次分析法、环比评分法、专家调查法、最小平方法等;客观确定权重的方法有主成分分析法、熵值法、离差及均方差法、CRITIC 法等;组合权重即综合考虑主观权重和客观权重的定权方法。本文考虑到供水安全的复杂性,采用层次分析法与 CRITIC 法组合确定指标权重,详细计算步骤见文献[18]~[20]。

4 实例应用

4.1 研究区概况

出山店水库位于河南省信阳市浉河区与平桥区交界处、淮河干流上游,主要任务是防洪,兼顾城市供水、农业灌溉和水力发电等综合效益。水库于 2015 年 8 月开工建设,2019 年 6 月正式蓄水。水库坝址距信阳市约 15 km,控制流域面积为 2 900 km²,总库容为 34.9 × 10⁸ m³,库区多年平均降雨量为 1 026 mm,年际变化大,年内分布不均,多年平均天然径流量为 11.13 × 10⁸ m³。水库位置及其供水区范围如图 2 所示。

4.2 数据来源

本文分析了 2013 – 2017 年出山店水库供水区(下文简称为“供水区”)的供水安全状况,以 2030 年为规划水平年分析水库投入使用后对供水区供水安全的改善情况,所选 13 项指标的历史数据来源于《信阳市统计年鉴》《信阳市水资源公报》《信阳市水资源综合规划》等资料。

由于供水设施不完善,水库建成后不能立即供水,近期水库的供水效益无法完全发挥,故本文选取出山店水库供水工程规划年 2030 年作为分析年份。规划年 2030 年降水量取自第六次耦合模式比较计划(CMIP6)的气候变化模拟和预估数据,水资源总量通过回归分析插值获得;万元工业增加值用水量根据信阳市节水规划确定,人均生活可用水量由 2030 年预测人口和可利用生活用水总量确定,生态环境用水比例根据信阳市城市规划确定的绿地面积换算得到,预测结果与信阳市相关规划报告基本一致;部分缺失数据采用相邻年份均值或通过插值法进行补充。

指标数据收集完成后,需要确定各指标的特征值,其中,以供水区各指标多年平均值作为及格值;最高值扩大 10% 作为最优值,其中达到 100% 的百分比指标不再扩大;最低值缩小 10% 作为最差值;较差值和较优值采用插值法确定^[21]。各评价指标节点特征值如表 3 所示。

4.3 出山店水库供水区供水安全评价

4.3.1 指标层供水安全度 根据信阳市浉河区、平桥区 2013 – 2017 年和 2030 年各指标数据及相应的单指标量化方法,得到研究区域指标层各评价指标的供水安全度,具体结果如表 4 所示。

由表 4 可以看出,浉河区和平桥区不同指标的供水安全度评价结果存在较大差异,2013 – 2017 年大多数指标评价结果呈上升趋势,部分指标波动较大(如浉河区的人均生活可用水量 and 灌溉可用水

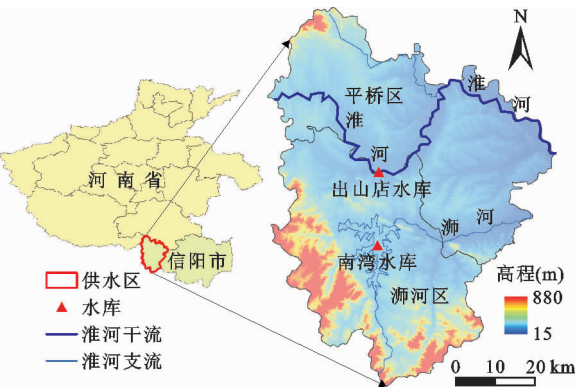


图 2 出山店水库位置及其供水区范围

量、平桥区的人均日生活可用水量 and 年降水量)。平桥区 2016 年以前生态环境用水比例处于较低水平,2016 年开始提升,说明平桥区对生态环境的重

视程度在不断增加;淝河区生态环境用水比例和水质一直处于接近安全及较安全的水平,表明淝河区对水源和生态的保护较为重视。

表 3 出山店水库供水安全各评价指标等级特征值

指标层	最差值	较差值	及格值	较优值	最优值
年降水量(A_1)/mm	733.95	909.58	1085.21	1359.08	1632.95
水资源总量(A_2)/ 10^8 m^3	2.55	4.26	5.96	8.63	11.30
水利工程规模(A_3)	0	0.3	0.6	0.8	1.0
供水水源水质(A_4)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
水资源开发利用程度(A_5)/%	73.93	51.87	29.80	20.61	11.42
供水漏损率(B_1)/%	30	25	20	12.5	5
水厂出水水质(B_2)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
城镇化率(B_3)/%	40	50	60	75	90
水功能区水质达标率(C_1)/%	30	50	70	90	100
万元工业增加值用水量(C_2)/ m^3	64.90	52.19	39.48	33.47	27.45
人均日生活可用水量(C_3)/L	96.30	124.55	152.80	178.70	204.60
灌溉可用水量(C_4)/ $(\text{m}^3 \cdot \text{hm}^{-2})$	1755.0	2060.3	2365.5	2824.5	3283.5
生态环境用水比例(C_5)/%	0.99	3.98	6.97	11.70	16.43

注:上述指标中水利工程规模分为大(1)型、大(2)型、中型、小(1)型、小(2)型 5 个等级,指标特征值分别对应 1.0、0.8、0.6、0.3、0;水质标准分为 I、II、III、IV、V 5 类,指标特征值分别对应 1.0、0.8、0.6、0.4、0.2。

表 4 2013—2017 年和 2030 年供水区各指标层供水安全度量化结果

年份	地区	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	B_1	B_2	B_3	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
2013	淝河区	0.296	0.051	1.000	0.700	0.437	0.627	0.600	0.626	0.086	0.423	0.856	0.850	0.577
	平桥区	0.139	0.159	0.000	0.700	0.091	0.627	0.600	0.306	0.086	0.139	0.856	0.870	0.160
2014	淝河区	0.604	0.366	1.000	0.800	0.825	0.653	0.600	0.644	0.473	0.592	0.252	0.654	0.578
	平桥区	0.519	0.434	0.000	0.300	0.581	0.653	0.600	0.351	0.473	0.623	0.114	0.531	0.011
2015	淝河区	0.655	0.618	1.000	0.800	0.909	0.680	0.600	0.665	0.588	0.550	0.284	0.295	0.634
	平桥区	0.159	0.655	0.000	0.450	0.649	0.680	0.600	0.397	0.588	0.656	0.114	0.472	0.018
2016	淝河区	0.740	0.463	1.000	0.800	0.757	0.707	0.600	0.684	0.669	0.673	0.795	0.192	0.930
	平桥区	0.517	0.567	0.000	0.700	0.483	0.707	0.600	0.441	0.669	0.600	0.671	0.590	0.587
2017	淝河区	0.891	0.870	1.000	0.800	0.972	0.733	0.600	0.703	0.746	0.846	0.856	0.354	0.922
	平桥区	0.695	0.923	0.000	0.600	0.782	0.733	0.600	0.484	0.746	0.719	0.756	0.472	0.609
2030	淝河区	0.964	0.926	1.000	0.800	0.740	0.920	0.800	0.956	1.000	1.000	0.810	1.000	0.650
	平桥区	0.947	1.000	1.000	0.800	0.828	0.920	0.800	0.807	1.000	1.000	0.810	1.000	0.558

2017 年绝大多数指标供水安全度在 0.6 以上,评价等级在较安全及以上。其中平桥区水利工程规模指标(A_3)量化结果为 0,原因是 2017 年出山店水库正在建设,还未投入使用;淝河区和平桥区灌溉可用水量指标(C_4)在 2017 年的评价结果分别为 0.354 和 0.472,评价等级为较不安全和接近安全,说明供水区灌溉用水的满足程度不高,还有较大提升空间。

2030 年出山店水库建成并正式供水之后,供水区各指标供水安全度显著提升,指标 A_2 、 A_3 、 C_1 、 C_2 、 C_4

的供水安全评价等级均达到非常安全,说明出山店水库对于保障供水区供水安全有显著作用。2030 年淝河区和平桥区水资源开发利用程度分别为 23.37% 和 19.32%,水资源开发利用程度指标(A_5)评价结果分别为 0.740 和 0.828,淝河区水资源开发利用程度较 2017 年略有提高,平桥区略微下降,但相比 2013 年水资源开发利用程度(淝河区 41.8%、平桥区 67.2%)均有较大差距,有进一步开发的潜力;淝河区和平桥区的灌溉可用水量分别从 2017 年的 $2\,115.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 和 $2\,235.0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 提升到 2030 年的 $4\,462.5 \text{ m}^3/\text{hm}^2$

和 $3\,459.0\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 出山店水库供水区灌溉用水安全的保证程度显著提升。

4.3.2 准则层供水安全度 在根据各指标供水安全度进行多准则集成时,需要计算各指标权重。本文采用层次分析法和 CRITIC 法分别确定主客观权重,并计算各指标的组合权重,计算结果如表 5 所示。根据指标层和准则层的权重和供水安全量化结果,分别计算准则层和目标层的供水安全度,结果如图 3 所示。

根据图 3,从时间尺度分析,2013–2030 年各准则层供水安全度整体呈上升趋势,用水主体安全度存在小幅度波动,但总体呈上升趋势。与供水过程和用水主体相比,供水水源安全度提升幅度最大,淅河区从 2013 年的接近安全提升到 2030 年的基本安全,平桥区从 2013 年的较不安全提升到 2030 年的基本安全。总的来说,2030 年出山店水库投入使用后各准则层供水安全度整体提升,表明出山店水库能够较高度地保障供水区的供水安全。从 2017 年到 2030 年,平桥区供水水源安全度、供水过程安全度和用水主体安全度分别提升了 45%、32% 和 37%,说明出山店水

库的运行能有效提升平桥区的供水安全度;淅河区各准则层的提升幅度分别为 5%、29% 和 28%,提升幅度低于平桥区,其中供水水源安全度提升较小可能是因为淅河区属于南湾水库供水区,对出山店水库的依赖程度相对较低。

表 5 各评价指标权重计算结果

指标层	主观权重	客观权重	组合权重
年降水量(A_1)	0.109	0.069	0.089
水资源总量(A_2)	0.095	0.087	0.091
水利工程规模(A_3)	0.030	0.084	0.057
供水水源水质(A_4)	0.084	0.084	0.084
水资源开发利用程度(A_5)	0.016	0.079	0.048
供水漏损率(B_1)	0.225	0.084	0.154
水厂出水水质(B_2)	0.075	0.091	0.083
城镇化率(B_3)	0.033	0.054	0.044
水功能区水质达标率(C_1)	0.024	0.091	0.056
万元工业增加值用水量(C_2)	0.042	0.104	0.073
人均日生活可用水量(C_3)	0.079	0.056	0.068
灌溉可用水量(C_4)	0.141	0.066	0.104
生态环境用水比例(C_5)	0.047	0.051	0.049

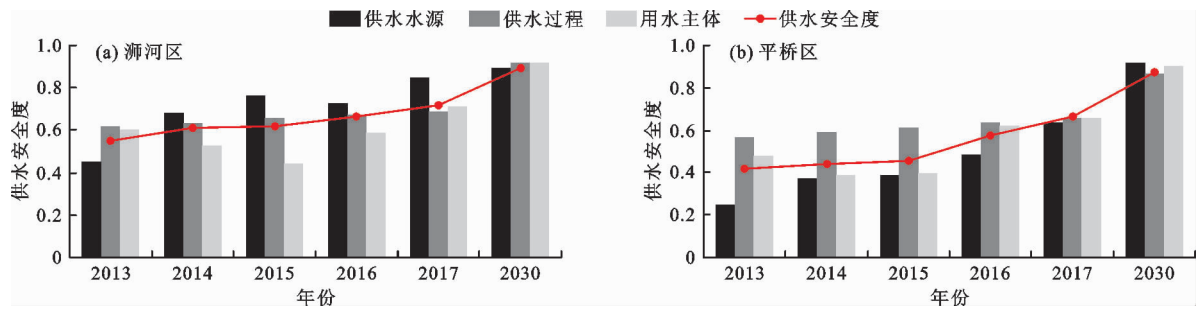


图 3 2013–2017 年和 2030 年供水区准则层及目标层供水安全度

从地区角度来看,淅河区和平桥区供水水源安全度均逐年提升,但由于淅河区已有南湾水库作为供水水源,因此其供水水源安全比平桥区高,而随着出山店水库的建成供水,平桥区可供水量不足、供水结构单一的问题有所改善,2030 年其供水水源将达到基本安全水平。在评价年份内淅河区和平桥区的供水过程安全度变化不大,与供输水以及净水相关设施没有较大变化有关,出山店水库建成以后,随着相关供输水设施的完善,水库供水区供水过程安全会得到进一步提升。淅河区和平桥区用水主体安全度均呈先下降后上升的趋势,淅河区用水主体安全度整体处于接近安全水平,而平桥区 2014 和 2015 年用水主体处于较不安全水平,分析原因可能与平桥区灌溉用水满足程度不高以及对生态环境用水关

注程度不够有很大关系,随着灌溉可用水量 and 生态环境用水比例的增加,平桥区用水主体安全水平将不断提高。

4.3.3 供水安全度评价结果分析 从供水安全评价结果(图 3)来看,2017 年之前出山店水库供水区整体供水安全度不高(供水安全度在 0.4~0.6 上下浮动),处于接近安全水平;2017 年供水安全度达到较安全水平(淅河区 0.721,平桥区 0.664),2030 年达到基本安全水平(淅河区 0.892,平桥区 0.872),提升幅度分别为 23.7% 和 31.3%。

2013–2030 年,出山店水库供水区供水安全度逐年上升,到 2030 年出山店水库平均每年可向淅河区和平桥区增加工业、生活用水 $0.8 \times 10^8\text{ m}^3$,增加灌溉面积 $2.22 \times 10^4\text{ hm}^2$,淅河区和平桥区城市供

水、农田灌溉用水不足的现状将得到改善,同时随着信阳市城镇化进程的加快以及出山店水库的投入使用,城市供水有了新的补充水源,相关基础设施也不断完善,浉河区和平桥区整体的供水安全将会得到显著提升。

5 结 论

本文通过对供水安全概念内涵的明晰,提出了供水安全判别准则,构建了供水安全评价指标体系,基于 SMI-P 方法对出山店水库供水区 2013-2017 年的供水安全度进行了评价,并基于现有数据结合相关规划预测了其 2030 年的供水安全度,得到以下结论:

(1) 2013-2030 年出山店水库供水区供水安全整体呈上升趋势,供水安全受降水量和水利工程规模影响较大。2013-2017 年浉河区供水整体上处于较安全水平(平均供水安全度为 0.634),平桥区供水整体上处于接近安全水平(平均供水安全度为 0.510),2030 年出山店水库投入使用后可以有效提高平桥区供水安全度。

(2) 出山店水库供水区供水安全水平整体不高,浉河区和平桥区在供水水源安全和用水主体安全方面存在较大差异,但随着城镇化水平的提高以及相关基础设施的完善,两地供水安全保证程度将会得到提高。

未来提升出山店水库供水区供水安全除了通过开发补充水源、完善供输水设施等手段,还可以从节水角度出发,通过开发新型节水技术,提高城市节水水平,实现水资源充分利用,有效减少水资源浪费;其次可以通过中水回用、废水减排等措施减少水体污染,改善水质,从水源和用水两方面同时提高供水安全度。

参考文献:

- [1] 张自英,潘万贵,黄涛,等. 水资源安全综合评价与预测——基于浙江省台州市实证分析[J]. 水资源与水工程学报,2017,28(4):70-74.
- [2] 左其亭,郝林钢,刘建华,等. “一带一路”分区水资源特征及水安全保障体系框架[J]. 水资源保护,2018,34(4):16-21+28.
- [3] 韩宇平,阮本清. 区域水安全评价指标体系初步研究[J]. 环境科学学报,2003,23(2):267-272.
- [4] 施春红,胡波. 城市供水安全综合评价探讨[J]. 资源科学,2007,29(3):80-85.
- [5] JENERETTE G D, LARSEN L. A global perspective on changing sustainable urban water supplies[J]. Global & Planetary Change, 2006, 50(3-4):202-211.
- [6] 钟涛,吴慧芳,印天成,等. 区域供水安全指标体系构建及短板要素甄别[J]. 水电能源科学,2020,38(2):52-55.
- [7] 韩宇平,阮本清,解建仓. 多层次多目标模糊优选模型在水安全评价中的应用[J]. 资源科学,2003,25(4):37-42.
- [8] 王先庆,李博,郑建. 基于灰色关联-网络层次分析模型的水资源安全综合评价[J]. 南水北调与水利科技,2019,17(4):87-93.
- [9] 庞爱萍,易雨君,李春晖. 基于生态需水保障的农业用水安全评价——以山东省引黄灌区为例[J]. 生态学报,2021,41(5):1907-1920.
- [10] 金丽,郑强,李庆国,等. 新农村环境下供水安全评价分析研究[J]. 中国农村水利水电,2015(6):66-69+74.
- [11] 张志君,陈伏龙,龙爱华,等. 基于模糊集对分析法的新疆水资源安全评价[J]. 水资源保护,2020,36(2):53-58+78.
- [12] 李梦怡,邓铭江,凌红波,等. 塔里木河下游水生态安全评价及驱动要素分析[J]. 干旱区研究,2021,38(1):39-47.
- [13] 宗永臣,黄德才,段小龙,等. 组合的模糊 Borda 法在林芝市朗县农村饮用水安全评价中的应用[J]. 南水北调与水利科技,2019,17(6):95-101.
- [14] 王婧,靳春玲,贡力,等. 基于 FCM-LVQ 网络模型的疏勒河流域水安全评价[J]. 水资源与水工程学报,2021,32(1):103-109+116.
- [15] 左其亭,张云,林平. 人水和谐评价指标及量化方法研究[J]. 水利学报,2008,39(4):440-447.
- [16] 左其亭. 和谐论:理论·方法·应用(第二版)[M]. 北京:科学出版社,2016.
- [17] 刘建华,黄亮朝,左其亭. 黄河下游经济-人口-资源-环境和谐发展水平评估[J]. 资源科学,2021,43(2):412-422.
- [18] 郭晓晶,何倩,张冬梅,等. 综合运用主客观方法确定科技评价指标权重[J]. 科技管理研究,2012,32(20):64-67+71.
- [19] D DIAKOULAKI, MAVROTAS G, PAPAYANNAKIS L. Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method[J]. Computers & Operations Research, 1995, 22(7):763-770.
- [20] 傅为忠,储刘平. 长三角一体化视角下制造业高质量发展评价研究——基于改进的 CRITIC-熵权法组合权重的 TOPSIS 评价模型[J]. 工业技术经济,2020,39(9):145-152.
- [21] 左其亭,姜龙,马军霞,等. 黄河流域高质量发展判断准则及评价体系[J]. 灌溉排水学报,2021,40(3):1-8+22.