

### 村镇饮用水水源地安全评价研究进展 (王珮 谢崇宝 张国华 刘增进)

**摘要:** 通过回顾国内外村镇饮用水水源地安全评价相关规范和标准的发展历程与相关领域内的学术研究成果, 系统分析了我国村镇饮用水水源地保护现状, 指出了目前相关研究中存在的一些问题, 并对村镇饮用水水源地安全的内涵做出了解释, 提出了村镇饮用水水源地安全评价应包括5个方面: 水量安全评价、水质安全评价、生态安全评价、工程安全评价、应急反应能力评价, 为今后构建我国村镇饮用水源保护和污染防治技术体系拓展了一个新的途径。

**关键词:** 村镇; 饮用水水源地; 安全评价; 研究现状

中图分类号: TU991. 11 文献标识码: A 文章编号: 1007-2284 (2013) 04-0005-03

The progress of the Safety Evaluation and Research of the township drinking water sources

WANG Pei 1, 2, XIE Chong-bao<sup>2</sup>, ZHANG Guo-hua<sup>2</sup>, LIU Zeng-jin<sup>1</sup>

**Abstract:** By reviewing the development of safety evaluation norms and standards in domestic and foreign township drinking water sources and related areas of academic research achievements this paper systematically analyzes the protection status of China's township drinking water sources, pointed out some problems systematically what exist in the current research, and make a new interpretation to security connotation of the township drinking water sources and raised the safety evaluation of the township drinking water sources should include the five aspects: water safety evaluation, water quality and safety evaluation, ecological security evaluation, engineering safety evaluation and emergency response capabilities evaluation that will broaden our thinking for the future study of our township drinking water source protection and pollution prevention and control technology system.

**Key words:** township; drinking water sources; safety evaluation; research status

#### 0 引言

村镇饮用水水源和村镇饮用水水源地是两个容易混淆的概念, 前者指向村镇提供饮用水的来源, 可以是河流、湖泊和地下水, 也可以是一个集水流域; 后者指向村镇提供饮用水的河流拦蓄工程、水库、地下水等取水工程的取水水域和密切相关的地域, 即饮用水水源涵养地(调节改善水源流量和水质的区域); 前者涉及的范围较大, 后者涉及的范围较小, 一个水源可以包含多个水源地, 只有保证水源地的安全才能可能保证水源的安全, 没有水源地的安全就不可能有水源的安全。本文的主要研究对象是村镇饮用水水源地。

当前, 村镇饮用水水源地水量不足, 未经处理任意排放的生活污水、化肥农药、养殖畜禽粪便、乡镇工业废水等环境问题突出, 已威胁到村镇饮用水水源地安全, 而保护工作涉及面广、措施复杂, 受到经济、社会等各方面条件的制约, 解决村镇饮用水水源地安全问题难度较大。而科学评价村镇饮用水水源地安全状况, 是系统保护村镇饮用水水源地工作中重要的一环, 对管理部门全面掌握水源地安全现状, 分析水源地安全动态发展趋势, 推动水源地安全保护工作有效开展具有十分重要的现实意义。

## 1.1 国外发展历程

美国等发达国家关于饮用水水源地安全评价的研究主要集中在水质安全以及水源的适宜性评价方面，较少考虑到水量指标、生态指标等影响，其主要原因是这些发达国家目前用水结构已经处于一个相对稳定的状况，水量指标和生态指标一般均能满足要求。此外由于生态环境质量总体水平较好，水源地安全评价过程中也较少考虑其他相关指标。

20世纪初期，世界上一些河流的水质开始恶化，水质安全问题逐渐受到重视，促进了水质评价的相关研究的发展。20世纪10年代德国科学家柯克维兹和莫松等提出了生物学的水质评价分类方法 [1]。1965年，美国俄亥俄州河流卫生委员会的霍顿提出了水质评价的质量指数法，1970年布朗提出了水质现状评价的质量指数法。美国叙拉古大学的内梅罗在《河流污染的科学分析》中提出了内梅罗指数法，并对纽约的部分地表水污染情况进行了计算 [2]。1977年，罗斯根据生化需氧量、氨氮、浊度和溶解氧这4项指标，在总结以前的水质指数的基础上，对英国克鲁德河流域水质进行了评价，并提出了简单方便的水质指数计算法。20世纪90年代后，水质评价方法的研究取得了新的进展，数学方法和模型被应用到水质评价研究中。

美国联邦环境保护局（USEPA）1986年颁布了《安全饮用水法案修正案》，规定了实施饮用水水质规则的计划，并制定《国家饮用水基本规则和二级饮用水则》（National Primary and Secondary Drinking Water Regulations）。《国家饮用水基本规则》是强制性标准，共有79项指标，无机物16项，有机物54项，核素3项，微生物6项，公共供水系统必须要满足该标准的要求。《国家二级饮用水规则》是非强制性的指导标准，共有15项指标，其中7个指标同饮用水源状况相关，8个指标与生态系统脆弱性相关。该标准是USEPA为给水系统推荐的二级标准，各州可选择性采纳。美国于1996年对安全饮用水法案进行修正，制订并实施饮用水源评价计划美国的水源评价计划（Source Water Assessment Program，简称SWAP），要求各州针对取水口划定饮用水源保护区，并在保护区内确定主要污染物，并分析公共供水系统的敏感性。

欧盟制定的地表水体取水导则（The Surface Water Abstraction Directive）从水体满足公众饮用的处理水平和取水适宜度的角度将水体分为3个级别分别是：水体仅经过简单的物理处理和消毒就能满足饮用要求；水体需要经过常规的物理、化学处理、消毒以满足饮用要求；水体需要集约化的物理、化学处理，附加处理措施和消毒手段才能满足饮用要求。新西兰国家环境部和卫生部联合制定了水源地监测分级框架草案（A monitoring and grading framework for New Zealand drinkingwater sources-Draft）作为水源地评价的基础文件，通过搜集流域资料，调查潜在污染源及可能性的污染物，将水质评价和风险评价相结合对饮用水水源进行评价，确定水质等级和风险等级，同时将得出评价结果向社会发布并提出相应的保护措施。加拿大利用水质指数法对水体进行评价，将水体赋予不同的分值（0~100），划分为差（0~44）、及格（45~59）、中等（60~79）、好（80~94）、极好（95~100）这5个等级。日本于1993年实施新的水质标准，水道法规定的有46项，供水与环境处制订了舒适性指标13项，检测性指标26项 [3]。

在饮用水水质标准方面，目前国际上具有影响力和权威性的三部饮用水水质标准为：世界卫生组织（WHO）的《生活饮用水水质准则》、欧盟（EC）的《生活饮用水水质指令》和美国联邦环境保护局（USEPA）的《生活饮用水水质标准》。其他国家或地区的饮用水标准大都以这三部标准为基础。

## 1.2 国内发展历程

国内关于饮用水水源地安全评价的研究主要集中在水量与水质的安全评价，近年来村镇生态环境问题严重，生态指标的研究也逐渐被重视，但其他方面的指标涉及较少。

我国从20世纪中期开始重点针对国内主要河流、湖泊（水库）水质进行安全评价，目前水质评价已是环境评价中的一项重要内容。自1955年以来，我国生活饮用水卫生标准从16项指标增加到现在的106项，每次标准的修改制定都增加了水质检验项目和提高了水质标准。1955年，发布了第一部生活饮用水卫生标准《自来水水质暂行标准》。1985年，发布了《生活饮用水卫生标准》（G5749），规定了35项检测指标，其中感官性指标4项、理化指标14项、毒理学指标12项、细菌学指标3项、放射性指标2项。为了更好地适应农村水改发展，逐步地达到国家《生活饮用水卫生标准》（G5749）要求的过渡性标准，参考1990年7月1日实施的《农村生活饮用水卫生标准》（GB11730），我国在1991年5月3日发布了关于农村生活饮用水卫生的技术准则，此准则只有20项指标，且标准值普遍放宽。1993年实施的《生活饮用水水质标准》（CJ3020）规定了生活饮用水水源的水质指标、水质分级、标准限值、水质检验以及标准的监督执行，此标准适用于城乡集中式生活饮用水的水源水质、分散式生活饮用水水源的水质。1994年10月1日开始实施的《地下水质量标准》（GB/T14848）中规定了地下水的分类、地下水质量监测、评价方法和地下水质量保护，要求集中式生活饮用水地下水水源应满足其规定的III类水质标准 [4]。2002年6月1日开始实施的《地表水环境质量标准》（GB3838）中指出 [5] 集中式生活饮用水地表水源地至少应达到其规定的III类水质标准，并将水质指标分为基本项目、补充项目

和特定项目同时规定了相应指标的检验方法。此外,如果集中式饮用水地表水水质超标,经净化处理后必须达到《生活饮用水卫生规范》(卫监发[2001]161号)的要求。2007年7月1日开始实施《生活饮用水卫生标准》(GB5749)作为替代1985年颁布的《生活饮用水卫生标准》(GB5749),此标准规定的水质指标增加到106项,并规定采用地表水为生活饮用水水源时应符合《地表水环境质量标准》(GB3838)要求,采用地下水为生活饮用水水源时应符合《地下水质量标准》(GB/T14848)要求。

目前,我国的地表水水源地水质评价主要参照《地表水环境质量标准》(GB3838),地下水水源地水质评价主要参照《地下水质量标准》(GB/T14848),有时也采用2007年7月1日实施《生活饮用水卫生标准》(GB5749)。

## 2 村镇饮用水水源地安全评价研究现状

在饮用水水源地安全评价方面,我国学者已展开了相关研究,取得了不少有价值的成果。朱党生[6]等人提出饮用水水源地在水量、水质满足要求的同时也要具备相应的抗风险能力;姚治华[7]从水质、水量、污染源、生态和管理这五方面构建了地下水饮用水源地安全评价指标体系,运用灰关联分析法对水源地进行评价;姚延娟[8]从地表水水源地水质、水量、水环境、环境安全监管这四方面构建指标体系,运用层次分析法,基于水源地安全评价指数对水源地安全进行全面评价;张韵[9]采用水污染指数法(WPI)、综合营养状态指数法(TLI)、美国联邦环境保护局推荐的健康风险模型以及新西兰的水质污染风险定性评价法,从水质状况、富营养化状况、水质健康风险、水质污染风险这4方面进行评价,运用层次分析法对进行综合评价;王丽红[10]从水源地安全的自然属性和社会属性出发,构建了由水量、质量、脆弱性和生态环境4个方面组成的水源地安全评价指标体系,提出了配套的计算方法和评价标准;衣强[11]从水质安全、水量安全、生态安全、工程安全及客观影响这5个方面进行评价,采用层次分析法确定评价指标的权重,运用模糊二级综合评价的方法评定饮用水水源地安全等级,各级指标的安全状况通过对各个安全等级的隶属度定量表示,最后根据模糊综合指数方法求得水源地安全综合评价结果;黄海东[12]从水质安全的定义和内涵的角度,通过水体水质类别、富营养化状况、水质风险3个指标对小城镇水源地水质安全进行评价,并将单因子评价和综合污染指数评价优势互补配合使用;冯霞[13]在水质评价指标体系模型的建立中,将指标分为ABC三层,指标体系最高层次A层为水源地水质综合指数,将A层分解为理化指标、富营养盐及有机污染综合指标、无机阴离子指标、一般重金属污染物指标、剧毒重金属污染物指标、有机污染物指标、生物指标7个方面构成B层,最终经过专家咨询共确定了pH、溶解氧、COD、氨氮、总磷等30个水质评价具体指标,即C层。近年来,我国一些学者[14]也开始将生物指标引入到水源地评价中开展水源地生态安全评价,如生物指数、多样性指数、营养状态指数等。随着评价技术的不断完善,生态系统健康可以通过化学的、物理的和生物的完整性来体现,评价指标包括理化指标、生物指标和水生态系统指标。

综上所述,随着我国村镇经济社会的发展,村镇饮用水水源地安全评价指标日趋复杂,水源地本身的动态性和水源地安全的不确定性对评价技术提出了更高的要求。已有水源地安全相关评价指标主要包括水量、水质和生态3个方面,部分研究涉及管理、脆弱性、工程安全、污染源、水环境、污染风险等方面指标,目前尚无统一的村镇饮用水水源地安全评价指标体系,已有评价指标体系中大部分缺乏可移植性,具有明显的地域性特点,有的不能全面反应当地的村镇饮用水水源地实际状况,有的存在指标内容的交叉和重复,因此针对不同水源类型建立一套适合我国的村镇饮用水水源地安全科学评价指标体系十分必要。

## 3 问题与建议

在针对我国村镇饮用水水源地安全评价研究中,国内学者借鉴国外的相关成果进行了初步研究和探讨,目前尚处于起步阶段,科学有效的村镇饮用水水源地安全评价标准及保障措施尚不完善[15]。我国幅员辽阔,水文、气候、环境、社会、经济等各方面的差异,即使是针对同一类型水源地构建的评价指标体系也会有所不同,评价标准、评价方法也难以统一,评价结果也缺乏可比性。因此,建立评价指标体系和评价方法时,应根据实际情况灵活处理,尽可能找出最简便、最具代表性的指标体系,务求得到最快捷、最全面、最可靠的评价结果。

在水量评价方面,关于村镇的标准和规范只有《农村饮用水安全卫生评价指标体系》中对饮水量安全的规定为:每人每天可获得的水量不低于40~60L为安全;不低于20~40L为基本安全。这个指标体系侧重于末端饮用水安全,不能反映水源地的现实状况,建议采用《全国城市饮用水水源地安全评价技术细则》中提出的水量安全评价,其主要反应水源地水量状况和供给能力可否满足设计的供水要求。地表水饮用水水源地水量评价指标包括工程供水能力和枯水年来水量保证率。地下水饮用水水源地水量评价指标包括工程供水能力和地下水开采率。

在水质评价方面,受认识、技术和成本等条件的制约,我国的水质指标与国际上权威的三部饮用水水质标准相比有差距:①在感官性指标方面,浊度指标值3NTU是偏低的,我国的嗅味标准还只是用无异嗅异味来表述,并没有明确的量化标准;②在有机物指标方面,有些对人体有害的物质未能列入评价体系中,部分已列出的指标值要求又过低,我们主要缺少亚硝酸盐、藻毒素、总有机碳、二氧化氯、总三卤甲烷、溴酸盐等几项关键性指标;③在微生物指标方面,我国只列了总大肠菌群、细菌总数、粪大肠菌群、大肠埃希菌、耐热大肠菌群,而根据近年来流行病学的统计,贾第虫、隐孢子虫已成为介水疾病主要致病因子。

已有的评价指标主要偏向水量和水质两个方面，随着人们对水源地安全认识的不断深入，生态指标逐渐受到重视。另外，水源地安全是一个系统的概念，仅考虑水量、水质和生态影响因素的评价结果缺乏可靠性和说服力，难以全面反应村镇饮用水水源地安全状况。饮用水水源地的工程状况也是影响饮用水安全保障的重要因素。如工程老化失修、河床淤积和河道变迁、水库淤积等非水资源性原因导致取、蓄水能力衰减、供水保证率降低，直接影响水源地饮用水供水量。在进行安全评价时也应该考虑工程管理人员水平、投资经费情况、工程维护情况等指标。此外，近年来，我国饮用水水源地突发污染事件的案例越来越多，其危害程度也在不断增加。饮用水水源地突发污染事件具有不确定性、危害紧急性、亟须快速响应性 [16] 等特征，在预防和应对措施不力的情况下，水源地安全很容易被瓦解，造成较大的经济损失和社会影响。因此，应急反应能力也应该是评价水源地安全的一个重要指标。但目前针对村镇饮水安全工程的评价还不多见，关于村镇饮用水源地应急反应能力的评价几乎是空白。

值得思考的是，关于饮用水水源地安全，目前没有很统一的定义。结合上述问题及建议，村镇饮用水水源地安全的内涵应体现在：水量充足稳定、水质符合相关规定，饮用水水源地能维持良好生态环境且有完善的饮水工程管理制度和应急管理体制能够确保人们安全饮用水的需求。换句话说，饮用水水源地安全的内涵有两方面，直接安全和间接安全：直接安全是提供水源的取水水域和密切相关的陆域的安全；间接安全即是饮水工程的建设、运行、管理和维护的安全和水源地有对突发事件的应急能力。

#### 4 结语

通过分析国内外相关评价研究成果，结合我国村镇的实际情况，笔者认为全面反映村镇饮用水水源地安全内涵的评价体系应包括五个方面：水量安全评价、水质安全评价、生态安全评价、工程安全评价、应急反应能力评价。水量安全评价即针对水源地来水状况和供水能力的评价；水质安全评价即对水体水质要素进行单项及综合评价；生态安全评价即对水源地内点污染及面源污染进行评价；工程安全评价即非水资源性因素对饮水工程影响的评价；应急反应能力评价即针对水源地发生突发事件应具备的防控、响应、恢复能力的评价。

部分发达国家的水源地供水量充足，生态环境良好，因此针对水量、生态方面的评价较少，国内的研究则以水量、水质的评价为主，随着我国的农村环境问题逐渐受到重视，有关生态方面的评价指标成为新的研究热点，针对村镇饮水工程及水源地应急反应能力的评价相对薄弱，还有待进一步研究。

#### 参考文献：

- [1] 迟永山. 地表水源地水环境现状评价及污染控制对策研究 [D]. 长春：吉林大学，2006.
- [2] 衣强，毛战坡，彭文启. 饮用水水源地评价方法研究 [J]. 给水排水，2006，(S1)：6-10.
- [3] 杨元青. 泰安市农村饮用水水源地水质评价及改善对策 [D]. 山东泰安：山东农业大学，2008.
- [4] 王延勇. 我国饮用水水质标准存在的问题及发展方向 [J]. 职业与健康，2007，(11)：956-958.
- [5] 李仰斌，张国华，谢崇宝. 我国饮用水源保护与监测相关法规和技术标准编制现状 [J]. 中国农村水利水电，2008，(1)：45-47，50.
- [6] 朱党生，张建永，程红光，等. 城市饮用水水源地安全评价 (I)：评价指标和方法 [J]. 水利学报，2010，41(7)：778-785.
- [7] 姚治华，王红旗，李仙波，等. 北京顺义区地下水饮用水源地安全评价 [J]. 水资源保护，2009，25(4)：91-94.
- [8] 姚延娟，吴传庆，王雪蕾，等. 地表饮用水源地安全指数及快速评价方法 [J]. 环境科学与技术，2012，35(1)：186-190.
- [9] 张韵. 重庆市城镇饮用水水源地水安全调查与评价 [D]. 重庆：西南大学，2009.
- [10] 王丽红，王启田，王开章. 城市地下水饮用水水源地安全评价体系研究 [J]. 地下水，2007，(6)：99-102，121.
- [11] 衣强. 集中式地表饮用水水源地安全评价方法研究 [D]. 北京：中国水利水电科学研究院，2007.
- [12] 黄海东. 小城镇饮用水水质安全评估技术研究 [D]. 北京：山东建筑大学，2010.

[13] 冯霞, 吴以中, 宗良纲, 等. 水源地水质评价指标体系及实例应用 [J]. 江西农业学报, 2008, (7): 98-101.

[14] 郑金秀, 胡菊香, 赵先富, 等. 我国饮用水水源地生态评价现状及发展探讨 [C] // 中国水利学会中国原水论坛专辑, 2010.

[15] 李仰斌, 张国华, 谢崇宝. 我国农村饮用水源现状及相关保护对策建议 [J]. 中国农村水利水电, 2007, (11): 1-4, 7.

[16] 张勇, 王东宇, 杨凯. 饮用水源突发污染事件应急管理体系 [J]. 中国给水排水, 2007, (14): 8-11.

作者简介: 王珮 (1990-), 女, 硕士, 研究方向为农村水利。

来源: 中国农村水利水电

相关文章

©水利部发展研究中心版权所有 主办: 水利部发展研究中心

京ICP备05037078号