

DOI: 10.15928/j.1674-3075.2018.06.001

综 述

水库型流域水质安全评估与预警技术框架

李 虹¹, 王丽婧^{1,2}, 刘 永³

(1. 中国环境科学研究院 国家环境保护饮用水水源地保护重点实验室, 北京 100012;

2. 中国环境科学研究院 国家环境保护洞庭湖科学观测研究站, 北京 100012;

3. 北京大学环境科学与工程学院 水沙科学教育部重点实验室, 北京 100871)

摘要:着眼水库型流域水质安全评估和预警技术研究不足的现状,面向水库型流域常态化发展(非突发性事故)影响背景下的水环境压力,辨析了水质安全内涵,提出了水库型流域水质安全评估与预警的技术框架(WQSD-SRAEW),分析了该框架的主要技术环节。鉴于水库型流域水质安全评估与预警具有综合性、动态性、目标导向性、类型特殊性等特点,其技术框架强调突出“2”个前提、面向“4”类压力源,以水库型流域水环境质量保障为核心、减少水质退化风险为目的开展“4”项研究工作。框架中水库型流域水环境安全的关键问题诊断以及水质安全压力源识别、水质安全评估、水质安全预警4项内容有机联系并相互反馈,可共同为水库型流域水质安全保障提供管理决策支撑。

关键词:水库;水质安全;预警技术;压力源

中图分类号:X524 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2018)06-0001-07

水库是人类为拦洪蓄水、调节水流在河道上建坝或堤堰而形成的人工水体,属于人为干扰下的生态系统,具有防洪、发电、供水、航运等单一或综合功能,在日常生活和社会发展进程中具有重要作用(王丽婧等, 2010; 郑丙辉等, 2014)。水库具有独特的水动力学特征和季节调节方式,与其他类型水体(河流、湖泊)特征有较大差异(Strskraba, 1993; 王丽婧等, 2010);在自然演替和人类干扰的双重作用下,水库的水环境状态不断变化,存在一定的不确定性(郑丙辉等, 2014)。20世纪70年代以来,随着我国社会经济的迅速发展,水库水体长期处于人类高强度开发利用的胁迫与压力之下,水环境质量已不同程度地遭受污染与破坏,水生态灾害时有发生(如三峡水库支流、洋河水库、于桥水库等),流域持续发展的需求难以维系,水库水环境质量与生态安全形势不容乐观。

水质安全评估和预警具有先觉性与预见性,能够为水库流域持续发展提供决策支撑。从国际上来看,美欧发达国家较少谈及流域水质安全,其相关研

究主要与生态风险评估和水污染事故预警等紧密联系,无法有效剥离(Puzicha, 1994; Pintér, 1999; USEPA, 2003)。从国内来看,伴随2008年环保部全国重点湖泊水库生态安全调查及评估专项、国家“十一五”水体污染控制与治理科技重大专项的启动实施,在学术界催生了一系列有关“生态安全”、“水环境风险评估与预警”的相关研究(毕军等, 2009; 金相灿等, 2012; 中国环境科学研究院, 2013; 郑丙辉等, 2014)。然而,纵观前期成果,或是所关注的要素过于宽泛,涉及水生态系统的方方面面,淡化了“水质安全”的主题,深度与系统性不足;或是聚焦于“突发性事故”,无法适用流域常态发展模式下的“水质安全”保障需求。总体上,我国在流域水质安全评估和预警领域的理论、方法与实践仍处于起步阶段,尚无适合国情并可以借鉴的成熟经验。

与此同时,水库水生态系统的复杂性、人工干扰等特性更是增添了研究难度。水库湖沼学(Reservoir Limnology)作为一个相对独立的学科,于20世纪90年代才正式出现(林秋奇等, 2001),使得人们对水库的认识长期以来附属于传统湖沼学,借鉴于河流生态学,一定程度上阻碍了水库水环境安全问题的针对性探索。据此,对于这类以过境水为主体以及高坝、深水的人工干扰型水体,如何从流域尺度认识和评估水质安全并就流域开发压力对水质安全的影响作出预测预警,都有待于科学解答并深入研究。

收稿日期:2018-03-15

基金项目:国家重点研发计划课题(2017YFC040470002);国家水体污染控制与治理科技重大专项(2012ZX07503-002)。

作者简介:李虹,1987年生,女,工程师,主要从事水库型流域水环境安全评估与预警研究。E-mail: lihong927@hotmail.com

通信作者:王丽婧,1981年生,女,研究员,主要从事流域水环境安全评估、预警和管理研究。E-mail: wanglj@craes.org.cn

本研究依托国家“十二五”水专项、国家重点研发计划课题团队前期在三峡水库的案例实践(中国环境科学研究院, 2017), 针对大型水库型流域常态发展条件下的水环境压力, 着眼水质安全内涵和特征, 提炼、梳理并系统性提出水库型流域水质安全评估与预警的技术框架, 以期为相关研究提供参考。

1 水库型流域水质安全概念

“水质安全”的概念源自水环境安全与生态安全, 其内涵认知是开展流域水质安全评估与预警的基础。水环境安全(Water Environment Security)是水生态系统相对于“生态威胁”和“生态风险”的一种功能状态(金相灿等, 2012; 郑丙辉等, 2014), 具有相对性、动态性、空间地域性。水环境安全目前尚未有统一的定义, 借鉴相关研究, 可认为是指人类赖以生存的水环境处于健康与可持续发展状态。水环境安全实质上涵盖了水质、水量、水生态等多个层面; 其中, 水质安全(Water Quality Security)则是以“水环境质量”为评估终点(End Point), 其基本内涵包括水质安全的压力或胁迫较小、水质状态较好、水质退化风险较低。水库型流域水质安全则特指面向水库水体及其流域特征来考量的水质安全。

1.1 内容框架层面

水质安全的内涵决定了其至少需要剖析3个层面的问题, 即压力源的状况、水体本身的状态、水体未来退化恶化的风险判断。前2项可通过“水质安全评估”来考量, 第3项可诉诸于“水质安全预警”来解决, 二者是水质安全管理的核心组成部分, 相辅相成、有机联系。前者侧重于对安全状况的综合与多角度诊断; 后者更侧重于对安全状况的动态化预测和警示。

1.2 保护目标和指标层面

水质安全强调以水库的“水环境质量”为评估终点, 区别于以“生态系统健康”和“人群健康”为评估终点和目标的研究。相关研究实际操作过程中, 在水体层面的指标重点关注物理指标和营养盐、化学需氧量等常规污染物的化学指标、POPS等有毒有害污染物指标参考执行, 水生生物等生态学指标暂不纳入考虑范畴。

1.3 防控对象层面

水质安全所面向的压力源(Stressor)主要指常态条件下存在的多种压力或压力组合(如人类活动长期压力), 非单一突发性事件(如水污染事故、自然灾害)。水库型流域水质安全防控对象需要紧扣流

域特点来考虑, 如上游流域来水、库区经济社会发展和土地开发、水库调度等。

1.4 空间尺度

着眼水库水体形态特征、水体循环及污染物输移等理化特征, 其水质安全保障强调以“库区范围”为核心边界, 面向“全流域(库区及其上游)”的视角来展开, 遵循从流域到水体、源头-途径-汇的“过程管理”原则, 避免“就水质论水质”; 仅关注水体或某个单项要素, 背离了水生态系统的特征, 水质安全目标往往难以实现(郑丙辉等, 2014)。

1.5 概念衔接和对应关系

水质安全的范畴小于水环境安全、环境安全以及生态安全。水质安全评估与预警与水环境风险管理范畴的“累积性(非突发性)”风险评估与预警, 具有一定的对应性, 但在源和受体上并不完全一一对应, 需要结合实例具体界定。

2 流域水质安全评估与预警特征

“流域水质安全评估”可定义为针对流域水质安全状况及其退化、恶化态势的评估(陈治谏等, 1992; AWWA research foundation and American water works association, 2001); 主要是针对评估对象特征和评估需求采取一定的评估模式和方法, 提供量化的评估结果, 从中识别主要问题、安全程度和影响因素。“流域水质安全预警”是针对水质安全状况退化与恶化的及时报警, 主要是针对水质安全状况及演变趋势进行预测预判, 提前发现和警示水质安全恶化问题及其胁迫因素, 从而提出缓解或预防措施。相应地, 水库型流域水质安全评估与预警是特指以水库为研究对象, 面向水库水体及其流域特征进行的水质安全评估和预警。着眼于水质安全概念内涵与管理需求分析, 水库型流域水质安全评估与预警具有综合性、动态性、目标导向性、类型特殊性等特点。构建和应用水库型流域水质安全评估与预警技术框架时需要对上述特点和需求予以反映, 具有如下特点。

2.1 综合性

水库型流域是一个综合性的复杂系统, 涉及水体及陆域社会、经济、资源、政策等诸多要素, 涵盖多个县(区)行政单元。流域水质安全评估与预警既要着眼全局, 又要突出重点, 凸显特点。实际研究中, 需要首先对研究区的水环境问题进行系统诊断, 进而明确研究思路与目标, 拟定重点关注的问题及防控对象, 再展开评估与预警。

2.2 动态性

在自然演替规律和人类干扰的双重作用下, 水库水质安全一直处于动态变化过程中。未来流域发展压力、环境政策、治理措施也会使水环境演变存在极大的不确定性。着眼于此, 水库型流域水质安全评估与预警中, 既要关注状态, 又要关注趋势, 从当前状态和历史演变趋势中评估水质退化的风险, 从未来演变态势中提出对水质安全的预判。

2.3 目标导向性

水库型流域水质安全评估与预警的核心目的是保障水库的“水质安全”; 其方式则是通过评估和预警, 识别主要压力源(胁迫因素)及其当前和未来的影响程度, 以便更有效及时地采取措施。由于压力源作用的影响程度具有相对性, 实际研究中, 必须紧扣“目标导向”, 面向特定受体(代表性水质断面)来建立方法并开展分析。

2.4 水体类型特殊性

由于水体形态、水循环特征、水体功能特性不同, 水库型流域水质安全所关注的要素与其他类型

河流具有差别, 使得其评估和预警研究具有“唯一性”和“独特性”, 研究需紧扣水库流域特征来开展。譬如, 需特别重视库区上游“过境水”的水质安全。研究全过程均需耦合水库调度背景, 需要考虑年内不同调度运行期的时空差异, 以此为基础展开压力源分析、问题识别以及水质安全评估等。

3 流域水质安全评估与预警技术框架

安全评估与预警技术框架是协助开展水库流域水质安全评估与预警的统领性技术工具。在水质安全概念辨析、水质安全评估与预警特征及技术需求分析的基础上, 该研究提出以水库“水质安全”为核心, 涵盖“问题与需求分析(Demand)-压力源影响识别(Stressor & Receptor)-水质安全评估(Assessment)-水质安全预警(Early-Warning)”等技术环节的水库型流域水质安全评估与预警技术框架(WQS-DSRAEW, Water Quality Security-Demand-Stressor & Receptor-Assessment-Early-Warning)(中国环境科学研究院, 2017)(图 1)。

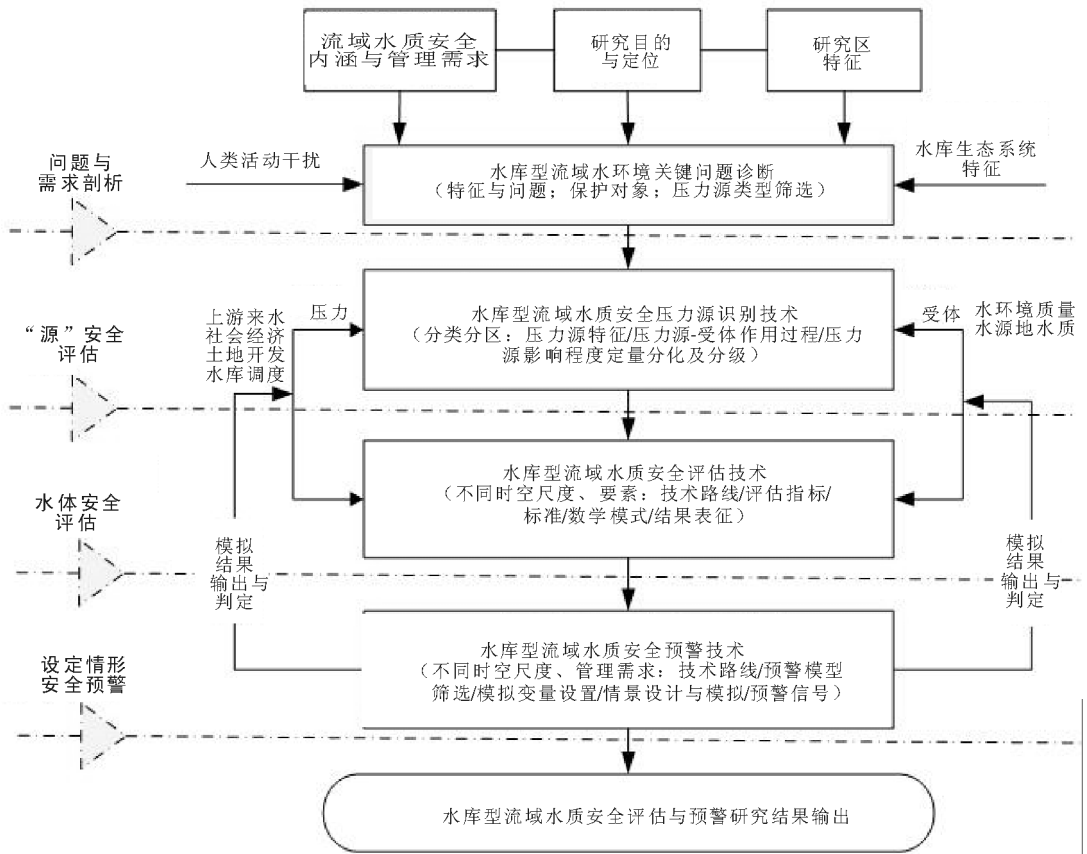


图 1 水库型流域水质安全评估与预警技术框架示意图(WQS-DSRAEW)

Fig.1 Schematic diagram of water quality safety assessment and early-warning framework

3.1 突出“2”个前提

水库型流域水质安全评估与预警强调关注人类活动干扰、基于特定水库的水生态系统特征2个前提。

3.2 面向“4”类压力源

拟主要围绕水库上游来水污染、库区社会经济发展、库区土地开发、其他重大人为干扰(水库调度)共计4类压力源(王丽婧等,2010);可根据实地特征完善调整。

3.3 保护“1”类受体

针对水库型流域水环境(尤其是水源地)这一受体,以水环境质量保障为核心,以水质退化风险防范为目的。

3.4 开展“4”项研究

开展水环境安全关键问题诊断、水体水质安全压力源识别、水体水质安全评估、水体水质安全预警研究,为水库型流域水质安全保障提供管理决策支撑。

需要说明的是,由于压力源-水体作用过程较为复杂,不同压力源影响的时空尺度各异,水体的响应方式和评估方法也各有不同。为了深化相关研究,技术框架中将广义上理解的“流域水质安全评估”细分为压力源识别、水质安全评估两部分。前者侧重于识别和评估“源”的安全性与健康性,兼顾“受体”易损性来考虑;后者侧重于“水体”自身的安全性,兼顾“源”的危害程度来分析。

4 流域水质安全评估与预警技术要点

4.1 水环境问题诊断

水库型流域水环境关键问题诊断的主要内容是基于研究区的流域水环境要素(水动力、水质、污染排放及输移)特征,识别水环境关键问题,结合管理实际,凝练水质安全评估与预警的需求,明确主要保护对象(具有代表性的河段或断面)与风险防控的主要压力源(上游来水以及区间点源或面源)。水环境关键问题诊断定位于流域水质安全评估与预警的“前提”,决定了整个研究的“基调”。历经多年的开发建设,水库型流域水环境问题比以往任何一个阶段都更为复杂,必须准确研判水环境问题,科学认识相关机理和演变过程,抓准问题的来源及关键矛盾,为水质安全评估与预警后续研究步骤奠定基础,主要包括以下技术要点。

4.1.1 着眼于水库特征“看”问题 水库发育阶段,受筑坝拦截影响,与河流形态相比,水库水体流速减

缓,靠近坝前区域干流顶托形成干支流交汇区,导致干流泥沙沉降加强(易吸附污染物随之沉降)、交汇区出现分层异重流、干流营养盐倒灌等现象,应多关注水动力条件引起的水环境变化。水库湖沼化阶段,水库生态环境稳定变化,演变趋势与湖泊类似,但与湖泊水动力变化较为自然与规律有所不同,其水动力特征年内变化大、人为控制强,研究要突出水库调度的特殊背景(林秋奇等,2001;王丽婧等,2010;郑丙辉等,2014)。

4.1.2 以水质为切入点“找”问题 剖析流域内干支流主要污染因子,掌握关键水质因子的时空分布、介质分布、形态组成和演变特征,了解流域水功能区划、水质考核断面及其规划目标等信息,综合分析来识别问题。

4.1.3 综合多要素“诊断”问题 着眼水生态系统特征和关键问题,综合降雨水文、污染排放、土地开发、人工物理干扰(水库调度)等流域水环境要素,定性或半定量诊断分析问题成因,初步筛选主要的压力源类型。

4.1.4 强化基础机理研究以“支撑”诊断 有条件的情况下可进一步深化基础研究、辅助问题诊断。如基于模型模拟、同位素和保守离子现场观测,深化特征污染物来源解析。

4.1.5 依托问题诊断以“提炼”评估与预警需求 系统凝练水质安全评估与预警拟重点关注的对象、压力源、主要影响时段及区域。

4.2 压力源识别

水库型流域水质安全压力源识别的主要内容是针对所筛选的压力源类型,构建流域压力源与水质安全相互作用关系的概念模式,逐一开展压力源特征及其影响的研究,识别对于空间上不同受体/断面、在不同时间段的主要压力源,并尽量对其安全程度予以定量化评估。水库调度作为一类特殊的压力源,影响到水库水质安全的多方面,一般建议作为压力背景与其他单个压力源耦合考虑。压力源识别定位于流域水质安全评估与预警的“基础”,追根溯源,保障水体水质安全最终是要做好压力源的防控。压力源识别技术要点如下。

4.2.1 综合考虑水库生态系统特殊性和完整性 水库型流域的压力源包括上游来水、流域社会经济(产业化、城镇化)和水库调度影响等方面,充分考虑不同类型压力源作用方式及时空尺度差异,充分关注同一流域不同区域自然条件、经济发展、水环境特征差异;强调对压力源自身状态和变化的警示判断,

评估对象重点在压力源而非受体(水质), 压力源识别和分级的终极目标是保障水质安全, 核心则在于控制压力源的污染输出风险, 在于“源头”的风险防控。

4.2.2 压力源识别原则 压力源识别和分级并不一定要落到水质要素层面, 不一定要要求与水质本身建立严格的定量化响应来约束, 应综合考虑数据可得性、方法应用的时间效率等, 从压力源与水质安全相互作用关系过程中, 筛选合适的研究边界。应面向水质安全, 甄别较敏感的关注区域、关注时段、关注行业等, 针对胁迫最显著的压力, 选择最为敏感的指标对其压力状况判定和分级, 要明晰和揭示压力源胁迫对水质受体的影响过程、效应范围, 厘清两者之间的作用关系。

4.2.3 压力源分级原则 需要着眼于水质安全评估与预警“前瞻性”与“警示性”的初衷, 遵循状态与动态兼顾原则, 反映压力源(如土地开发)对于水质安全所造成的固有压力和新增压力; 遵循指标少而精的原则, 压力源分级重在快速判断并发出警示信号, 不要求进行全面的评估, 着重反映与水质影响相关压力源最敏感的状态和最不利的变化(方喻弘, 2016)。

4.3 水质安全评估

水库型流域水质安全评估的主要内容是从水体状态、历史演变趋势等角度, 提出适用于研究区的一套评估技术方法, 包括建立评估指标、评估标准、评估数学模式、分级及结果表征, 从而评估水质自身的安全性(傅伯杰, 1993; 曾畅云, 2004; Delaware River Basin Commission, 2013)。水质安全评估是水库型流域水质安全评估与预警的核心步骤, 是整个技术框架的“中枢”; 既承接压力源识别成果, 又为水质安全预警技术路线的选择提供基础, 为未来模拟预测结果的判定和警示级别划分提供依据。其技术要点的关键在于如何结合流域特征和管理需求, 合理确定评估尺度和评估对象, 继而提出适宜的评估方法。考虑水质安全的动态性与系统性, 本研究针对三峡库区从 3 个层面构建了评估方法。

4.3.1 基于水质超标状况的水质安全评估技术 重点解决短时段内(年内或月内)水体本身的安全状况评估需求, 侧重于状态评估, 以水质超标特征来衡量是否安全。

4.3.2 耦合水质状态与趋势的水质安全评估技术 重点解决长时段内(年际)水体本身的安全状况评估需求, 兼顾评估时段内的状态与趋势, 以不利的变

化幅度和不达标的当前状态来衡量是否安全。

4.3.3 兼顾压力源-受体(水质)的综合评估技术 适用于长时期综合管理决策中, 避免就水质论水质的局限, 综合考虑压力源和受体两者的状况, 以压力源、受体的不利状态来共同警示水质的安全状况。

4.4 水质安全预警

水库型流域水质安全预警的主要内容是对于不同时间尺度、宏观决策或特定问题的管理需求, 设定预警技术路线, 选择预警工具(机理或非机理模型等), 开展设定情景下的水质安全预警。获得相关模拟参数的预测结果后, 结合压力源识别、水质安全评估的相关判定标准, 形成预警判断, 明确预警要素或指标, 提出预警级别。

水质安全预警是流域水质安全评估与预警技术框架的“关键”步骤, 在整个技术框架中是最具应用价值且体现成果水平的关键环节, 承接了前述所有分析的成果、综合提炼性成具体的预警需求。是否能够对未来水质安全问题和趋势有效把控、是否能为流域水质安全管理提供前瞻性支撑, 均取决于该步骤。水质安全预警在实际操作过程中, 最重要的是根据预警需求, 合理确定预警分析的时间空间尺度、明确预警的技术路线。本研究考虑 2 个层面的预警技术。

4.4.1 长时间尺度 着眼于长时间尺度的水质退化风险宏观管理决策需求, 建立基于压力-驱动效应的水库型流域水质安全趋势预警技术方法。

4.4.2 短时间尺度 着眼于短时间尺度的水质异常波动风险快速应对需求, 建立基于受体敏感特征的水库型流域水质安全状态响应预警技术。对应于 2 个层面的预警技术, 研发面向不同需求的预警模型、模型变量设置、预警结果判定、预警指标识别及预警信号表征等。

4.5 技术要点

4.5.1 突出水库流域特征 考虑水库不同调度运行期, 将水库调度背景贯穿水质安全预警过程, 突出“水库型流域”特征。

4.5.2 建立预警综合模型 针对长时间尺度预警需求的预警技术, 强调长期趋势性预警, 涉及多种、组合压力源与受体之间的复杂作用关系, 主要考虑正向情景模拟预测预警方式来实现, 一般需要建立基于流域-水体作用全过程的预警综合模型(如 S-L-I-W 模型), 可集成包括社会经济, 土地利用, 负荷排放及水动力水质等多个模块(王丽婧等, 2016)。

4.5.3 强调短期响应预警 针对短时间尺度预警需求的预警技术,强调短期响应预警,重点考虑单一或特定压力源与受体之间的作用关系,主要考虑反向响应敏感特征识别的短期预警,一般需要建立功能相对单一、计算快捷的预警模型,以便保证短期预警的目的需求,采用可模拟不确定性响应关系的贝叶斯网络模型。

5 结语

本文辨析了水质安全的内涵,明晰了其与相关概念的边界,提出了水库型流域水质安全评估与预警的技术框架(WQS-DSRAEW),阐明了各主要步骤的技术要点。该框架主要面向水库型流域常态化发展(非突发性事故)影响背景下的水环境压力,着眼水库型流域水质安全评估与预警技术需求而构建,其成果可为大型水库水环境日常管理提供决策支持。然而,由于水库水体功能(饮用水源、景观水体)、水环境特征和调度运行方式具有差异性,各地社会经济发展水平、水污染状况均有唯一性和特殊性,本研究所提供的普适性框架和原则仅供参考。在案例实践中,应结合研究区实际情况,灵活加以应用和改进。

参考文献

- 毕军, 曲常胜, 黄蕾, 2009. 中国环境风险预警现状及发展趋势[J]. 环境监控与预警, 1(1): 1-5.
- 曾畅云, 2004. 水环境安全及其指标体系研究—以北京市为例[J]. 南水北调与水利科技, 2(4): 31-35.
- 陈治谏, 陈国阶, 1992. 环境影响评价的预警系统研究[J]. 环境科学, 13(4): 20-24.
- 方喻弘, 2016. 三峡库区土地开发生态特征及其对水质安全的压力评估[D]. 武汉: 湖北工业大学.
- 傅伯杰, 1993. 区域生态环境预警的理论及其应用[J]. 应用生态学报, 4(4): 436-439.
- 金相灿, 王圣瑞, 席海燕, 2012. 湖泊生态安全及其评估方法框架[J]. 环境科学研究, 25(4): 357-362.

- 林秋奇, 韩博平, 2001. 水库生态系统特征研究及其在水库水质管理中的应用[R]. 生态学报, 21(6): 1034-1040.
- 王丽婧, 李小宝, 郑丙辉, 等, 2016. 基于过程控制的流域水环境安全预警模型及其应用[C]. 中国环境科学学会学术年会论文集.
- 王丽婧, 郑丙辉, 2010. 水库生态安全评估方法(I): IROW 框架[J]. 湖泊科学, 22(2): 169-175.
- 郑丙辉, 王丽婧, 李虹, 等, 2014. 湖库生态安全调控技术框架研究[J]. 湖泊科学, 26(2): 169-176.
- 中国环境科学研究院, 2013. 流域水环境突发型风险预警技术及其示范应用[R]. 400011673-2009ZX07528003/01. 北京: 中国环境科学研究院.
- 中国环境科学研究院, 2017. 水库型流域水质安全评估与预警技术研究[R]. 北京: 中国环境科学研究院.
- AWWA research foundation and American water works association, 2001. Design of Early warning and Predictive Source Water Monitoring Systems [M]. AWWA research foundation and American water works association, USA.
- Delaware River Basin Commission, 2013. State of the Delaware river basin 2013 [R]. West Trenton: Delaware River Basin Commission.
- Pintér G G, 1999. The Danube Accident Emergency Warning System[J]. Water Science and Technology, 40(10): 27-33.
- Puzicha H, 1994. Evaluation and Avoidance of False Alarm by Controlling Rhine Water with Continuously Working Biotests[J]. Water Science & Technology, 29(3): 207-209.
- Straskraba M, Tundisi J G, Duncan A, 2003. State of the art of reservoir limnology and water quality management[M]. Comparative reservoir limnology and water quality management, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- USEPA, 2003. Framework for Cumulative Risk Assessment [R]. EPA/630/P-02/001F, Washington DC: USEPA.

(责任编辑 万月华)

Technical Framework for Water Quality Safety Assessment and Early-warning in Reservoir Basin

LI Hong¹, WANG Li-jing^{1,2}, LIU Yong³

- (1.State Environmental Protection Key Laboratory of Drinking Water Source Protection, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, P.R.China;
- 2.State Environmental Protection Scientific Observation and Research Station for Lake Dongting, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, P.R.China;
- 3.College of Environmental Science and Engineering, the Key Laboratory of Water and Sediment Sciences Ministry of Education, Peking University, Beijing 100871, P.R.China)

Abstract: Research on water quality safety assessment and early-warning technology in the reservoir basins is insufficient currently. In this review, we defined the connotation of water quality safety under normal water environment pressure (non-sudden accidents). The technical framework for water quality safety assessment and early warning of the reservoir basins (WQS-DSRAEW) was proposed, and the primary technical steps of the framework were clarified. In view of the comprehensive, dynamic, goal-oriented and type-specific characteristics of water quality safety assessment and early warning, the technical framework emphasized two premises and four stressors, and included four parts: diagnosis key issues, identification of stressors, assessment and early warning on water quality safety in reservoir basin, aiming to reduce the risk of water quality degradation and ensure the quality of water environment. The four parts were mutually affected and interrelated, which could jointly provide support for water quality safety management of reservoir basin.

Key words: reservoir; water quality safety; assessment; early-warning; stressor