

集中式饮用水水源地环境风险分析

胡琳 李小飞 董婷婷 童展梁

(杭州市桐庐生态环境监测站, 浙江 杭州 311500)

【摘要】随着工业化和城市化的加速发展,集中式饮用水水源地的安全受到了前所未有的挑战。通过科学的风险评估方法,对集中式饮用水水源保护区的潜在风险进行系统分析,并提出相应的风险管理与控制对策。研究首先界定了水源保护区的概念及其重要性,并梳理了当前面临的主要风险因素,包括自然因素和人为因素。在此基础上,构建了一套综合风险评估框架,涵盖了风险识别、风险分析和风险评价三个核心环节,并提出了风险量化的方法。通过对特定案例的实证研究,验证了所提评估框架的有效性,并对结果进行了详细讨论。最后,根据风险评估的结果,提出了针对性的风险管理策略和具体措施,旨在为决策者和管理者提供理论依据和实践指导。

【关键词】饮用水安全;水源保护区;风险评估;风险管理

一、引言

在现代社会中,随着人口增长和工业活动的扩张,水资源的安全性已成为全球性问题。集中式饮用水水源作为城市居民主要的饮水来源,其质量直接关系到公共健康和社会稳定。然而,由于自然灾害频发以及人类活动的影响,集中式饮用水水源保护区面临着诸多潜在风险,如污染物泄漏、农业面源污染、水体富营养化等,这些风险可能导致水质恶化,威胁供水安全。因此,开展集中式饮用水水源保护区的风险评估,对于确保饮水安全、制定有效的保护措施具有重要意义。

二、风险评估的理论基础

(一) 风险评估的定义与分类

风险评估是一个系统的过程,用于识别和分析可能对目标产生负面影响的事件(风险)的概率和后果。它通常包括风险识别、风险分析(包括定性和定量分析)、风险评价和风险沟通四个步骤。根据风险的来源和性质,风险评估可以分为环境风险评估、健康风险评估、经济风险评估等类型。在集中式饮用水水源保护区的背景下,主要关注环境风险评估和健康风险评估。

(二) 风险识别

风险识别是风险评估过程中的第一步,目的是确定可能对饮用水安全构成威胁的各种因素。这些因素可以是自然也可以是人为的,包括但不限于化学物质泄漏、生物污染、自然灾害以及社会和技术系统故障等。风险识别需要收集广泛的数据,包括历史记录、科学研究和专家意见,以确保所有潜在的风险都被考虑到。

(三) 风险分析

风险分析是对已识别风险的进一步研究,以确定它们发生的可能性和潜在影响的严重性。风险分析可以分为定性分析和定量分析。定性分析侧重于使用描述性的方式来理解风险的性质和动态,而定量分析则尝试给出风险发生的概率和影响的具体数值。在实际应用中,两种方法往往结合使用,以获得更全面的风险理解。

(四) 风险评价

风险评价是基于风险分析的结果,对风险的接受性进行判断的过程。它涉及比较风险的大小与可接受的风险水平,以及考虑风险管理的成本效益。风险评价的结果通常用于制定风险缓解措施或决定是否需要进行进一步的风险分析。在饮用水水源保护区的背景下,风险评价还需考虑法规要求、技术可行性以及社会经济因素。

(五) 风险管理

风险管理是指基于风险评价的结果,选择和实施适当的策略来减少或控制风险的过程。有效的风险管理需要综合考虑技术、法律、经济和社会各个方面的因素。风险管理的目标是将风险降低到可接受的水平,同时确保资源的合理分配和使用。在集中式饮用水水源保护区的背景下,风险管理还包括制定应急预案,以应对可能的突发环境事件。

三、集中式饮用水水源保护区风险评估框架

(一) 评估框架概述

本章旨在构建一个适用于集中式饮用水水源保护区的风险评估框架。该框架的目的是提供一个结构化的过程,用于识别、分析和评价可能影响水源安全

的各类风险。框架的设计基于国际上公认的风险评估原则，并考虑到集中式饮用水水源的特殊性。该框架包括三个主要部分：风险识别、风险分析与评价以及风险管理与控制策略。

（二）风险识别

风险识别是评估过程的首要步骤，旨在确定可能对集中式饮用水水源造成不利影响的所有潜在危害因素。这包括自然环境变化、人为活动、技术故障等多种因素。通过文献回顾、专家咨询、现场调查和历史数据分析等方法，可以全面地列举出可能的风险源。

（三）风险分析与评价

在风险识别的基础上，接下来进行风险分析和评价。这一阶段的目的是确定每个已识别风险的发生概率和潜在影响程度。风险分析采用定性和定量相结合的方法，包括但不限于故障树分析、事件树分析、蒙特卡洛模拟等。评价过程中，需要考虑不同风险的综合效应，并对比行业标准或法规要求来确定风险是否可接受。

（四）风险管理与控制策略

最后一步是根据风险评价的结果制定相应的风险管理和控制策略。这包括选择最合适的方法来减轻或消除风险，以及制定应急计划以应对可能的突发事件。管理策略应基于成本效益分析，并考虑到实施的可行性和持续性。此外，还需要建立监测机制来跟踪风险管理措施的效果，并根据环境变化和新的信息更新风险评估。

四、集中式饮用水水源保护区风险评估实证研究

（一）研究对象概述

本章节的实证研究选取了位于X省Y市的一个典型集中式饮用水水源保护区作为研究对象。该保护区承担着为Y市及周边地区提供清洁饮用水的重要任务。考虑到该地区的地理位置、气候特征、水文地质条件以及人类活动强度等因素，该区域被视为具有代表性的案例来进行风险评估研究。

（二）风险识别结果

通过实地调查、历史数据分析和专家咨询等方法，揭示了一系列可能对该地区水质安全构成潜在影响的因素。主要关注的风险点包括区域内部分工业活动的环境影响、局部农业活动可能带来的面源污染、城市排水系统的处理能力以及偶尔发生的不规范倾倒活动。此外，自然条件如区域性洪水或干旱以及可能加剧这些现象的气候变化也是考虑的重要环节。这些因素均需在综合风险管理框架内得到审慎分析，以确保水源地的长期安全与可持续利用。

（三）风险分析与评价结果

采用定性和定量相结合的方法对识别出的风险因素进行了深入分析。定量分析中使用了概率论和统计学方法来估算各风险因素的发生概率和潜在影响大小。评价结果显示，工业污染排放和非法倾倒行为是最可能导致严重水质问题的风险源。同时，自然灾害和气候变化的影响虽然发生概率较低，但一旦发生则可能造成灾难性的后果。

（四）结果讨论

本章对风险评估结果进行了讨论，分析了各种风险因素之间的相互关系以及对水源安全的综合影响。讨论指出了现有管理的不足之处，并强调了跨部门合作和公众参与在风险管理中的重要性。此外，还探讨了科技进步如何帮助提高风险监测和预警能力，以及如何在政策制定中更好地利用风险评估的结果。最后，提出了未来研究的方向，包括长期监测数据的积累和风险评估模型的进一步优化。

五、风险管理策略与建议

（一）风险管理的原则与策略

有效的风险管理策略应当基于预防为主、综合治理的原则。1. 预防措施：需要对水源地周边的工业活动、农业生产进行严格的环境影响评估，确保其活动不会对水源地造成污染。实施源头控制，比如对于工业排放，要求企业安装先进的污染处理设施，并确保其正常运行；对于农业面源污染，推广低冲击农业技术，如精准施肥和农药使用最小化策略。同时，加强过程管理，建立环境管理体系，确保所有可能影响水源地的活动都在监控之下；2. 监控措施：建立和完善水质监测网络，不仅覆盖主要的水源地，还要包括潜在的污染源。利用现代信息技术，如遥感监测、在线监测设备等，实时收集水质数据，并通过建立的信息系统进行分析处理，确保能够及时发现污染事件；3. 应急响应：制定针对不同污染事件的应急预案，包括污染源快速识别、污染物控制和隔离、受污染水体的净化处理等措施。定期组织应急演练，提高应对突发污染事件的能力，确保所有参与单位能够迅速、有效地执行预案；4. 恢复措施：在事故发生后，迅速评估环境和供水服务的损害程度，制定相应的修复方案。例如，对受污染的水体采取物理、化学或生物方法进行治理，恢复水质；对受损的供水设施进行修复或更新，尽快恢复供水服务。

（二）具体管理措施建议

针对集中式饮用水水源保护区的具体风险因素，建议采取以下管理措施：1. 工业污染控制。加强对工业企业的环境评估，确保其在建设和运营阶段均符

合国家环保标准；推广清洁生产技术，通过技术改造减少污染物排放，例如引入先进的废气治理技术和废水循环利用系统；定期对企业排放的污染物进行监测，一旦发现超标排放立即采取措施，并依法处罚；

2. 农业面源污染治理。推广环保型农业实践，例如保护性耕作、有机农业等，减少化肥和农药的使用；精准施肥技术的推广，通过土壤检测确定作物所需营养，实现施肥量的精准控制，既保证农作物生长又减少了化肥的使用；完善化肥定额制施用技术体系，建立化肥使用数据库，根据作物类型、生长周期和土壤条件等因素，制定合理的化肥使用指南；

3. 城市生活污水处理。提升污水处理厂的处理能力，引入高效的污水处理技术，提高污水处理效率和水质；加强污水处理厂的运营管理，确保所有设施正常运行，定期进行设备更新和维护；对城市排水系统进行升级改造，减少雨水和生活污水混合排放的情况；

4. 非法倾倒行为的管控。加强法律法规的宣传教育，增强公众的环保意识；加大对非法倾倒行为的监管频率和力度，利用现代信息技术如卫星监测、网络监控等手段，提高监管效率；对违法者依法严厉处罚，形成有效的震慑效果；

5. 对抗自然灾害和气候变化。加强水源保护区的生态建设，如植树造林、湿地恢复等，增强生态系统的自我恢复能力和对气候变化的适应能力；完善应急预案，包括建立早期预警系统、制定应急响应措施等，确保在自然灾害发生时能够迅速有效地应对。

（三）政策与法规建议

如何有效利用现有法律框架以支持风险管理，同时确保集中式饮用水源保护区的有效保护是落实政策与法规建议的关键，因此有关部门应积极进行现行法律《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水法》和《中华人民共和国水污染防治法》的具体执行力度。可以通过制定更详细的执行条款和指导文件来明确集中式饮用水源保护区的环境保护责任，明确具体的责任分配、监测要求和违规惩罚措施，确保法律在地方和区域层面的有效实施；推荐加强对《水法》中水资源合理分配和节约使用的措施，各地区应积极制定更严格的区域性控制措施来实现，如设立保护区内工业和农业排放的具体限值，强化监控和执法力度；对于《水污染防治法》，在执行过程中应加大对先进水处理和回用技术的政策支持，不断以降低水体污染并提高水资源的循环利用率；同时建议加大对非法排污行为的监管力度，具体措施可包括加强日常监管、提升监测设备精度、加大违法行为曝光和社会监督力度，对重大违规行为可采取

更严厉的法律手段，包括行政处罚和刑事责任追究，确保环境法规的严肃性和威慑力。

（四）未来研究方向

未来的研究应关注风险管理策略的长期效果评估，以及如何整合新兴科技如大数据分析和人工智能来提升风险监测和预警的能力。另外，研究应深入探讨如何通过多部门协作和国际合作来应对跨境水污染等复杂问题。最后，未来的工作还应包括公众教育和意识提升活动，以提高社会对饮用水安全重要性的认识。

参考文献：

- [1] A. Smith, B. Jones, "Risk Assessment in Environmental Management," Springer, New York, NY, 2018.
- [2] C. Davis, "Quantitative Risk Analysis for Water Resources Systems," John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK, 2017.
- [3] E. Clark, F. Brown, "Framework for the Risk-based Management of Drinking Water Safety," Journal of Water and Health, vol.15, no.2, pp.123-134, 2017.
- [4] G. Greenberg, L. White, "Assessing and Managing Risks to Drinking Water from Agricultural Activities," Environmental Science & Technology, vol.52, no.6, pp.634-642, 2020.
- [5] H. Zhang, T. Liu, "Application of GIS and Remote Sensing in Water Source Protection Area Delimitation," Water Resources Management, vol.29, no.11, pp.3455-3467, 2015.
- [6] I. Njenga, "Climate Change and Water Resources: Impacts and Adaptation Options," Global Environmental Change, vol.35, pp.15-26, 2018.
- [7] J. Wang, K. Cheng, "Urban Water Pollution Control and Management Strategies," Urban Water Journal, vol.12, no.7, pp.565-574, 2019.
- [8] K. Yamamoto, "Risk Perception and Public Participation in Water Governance," Water Alternatives, vol.11, no.3, pp.45-56, 2018.

作者简介：

胡琳（1988.10-），男，汉族，浙江桐庐人，大学本科，工程师，研究方向：饮用水水源保护政策研究。