

城市饮用水源地水质季节性变化特征分析

赵 亮

山东省生态环境监测中心 山东 济南 250101

摘 要: 选取典型城市综合饮用水源地, 涵盖地表与地下两类水源, 分析浊度、pH值等核心水质指标的四季变化特征, 探究气候、水文、生物及人为活动四大因素对水质季节性波动的影响, 明确不同季节水质差异及关键影响机制, 为优化水源地水质管控、保障城市饮用水安全提供科学支撑, 厘清各类因素的作用规律及防控重点。

关键词: 城市饮用水源地; 水质; 季节性变化; 污染特征; 水质管控

引言: 城市饮用水安全关乎居民健康与城市发展, 水源地水质易受季节变化影响, 地表与地下水源地的波动特征存在差异。当前, 水质季节性波动已成为影响水源地安全管控的重要问题, 明确其变化规律及影响因素是开展有效管控的前提。基于此, 结合典型综合水源地监测基础, 系统分析水质季节性变化特征及驱动因素, 为后续管控工作提供思路。

1 城市饮用水源地概况及监测基础

城市饮用水源地主要分为地表水源地和地下水源地两大类, 其中地表水源地以水库、河流为主, 地下水源地以深层地下水、浅层地下水为主, 两类水源地受季节影响的程度及变化特征存在差异。本文选取典型城市综合水源地为研究背景, 涵盖地表水库水源和地下水源, 监测指标选取反映水质核心状况的关键参数, 包括浊度、pH值、溶解氧(DO)、高锰酸盐指数(CODMn)、氨氮、总氮(TN)、总磷(TP)、叶绿素a及铁、锰等, 监测周期覆盖春、夏、秋、冬四个季节, 确保数据能够全面反映水质的季节性波动特征。监测过程严格遵循规范流程, 保障数据的准确性和可靠性, 为后续季节性变化分析提供坚实的数据支撑, 同时明确不同季节监测频次及采样点布设原则, 确保监测数据的代表性和系统性^[1]。

2 城市饮用水源地水质季节性变化总体特征

2.1 春季水质变化特征

春季气温回升, 冰雪融化, 地表径流逐渐增加, 同时降水频次增多但强度不大, 对地表水源地产生一定的冲刷作用。此时地表水源地浊度较冬季有所上升, 但上升幅度相对平缓, 主要是由于冰雪融化携带少量地表泥沙、腐殖质进入水体, 同时土壤解冻后部分松散颗粒物被径流带入水源地。春季生物活动开始活跃, 藻类开始繁殖, 叶绿素a含量缓慢上升, 但由于气温尚未达到藻类爆发的适宜温度, 含量处于较低水平。地下水源地方面, 春季地下水位开始回升, 水体更新速度加快, 水质相对稳

定, pH值维持在中性至弱碱性范围, 溶解氧含量较冬季略有升高, 主要是由于气温回升促进水体溶解氧气的能力提升, 氨氮、总氮等营养盐指标波动较小, 整体水质良好。

2.2 夏季水质变化特征

夏季是全年气温最高、降水最集中的季节, 也是地表水源地水质波动最为显著的季节。受强降雨影响, 地表径流大幅增加, 冲刷地表土壤、植被及各类污染物, 大量泥沙、悬浮物、腐殖质及农业面源污染物被带入地表水源地, 导致浊度急剧升高, 部分时段浊度可达到全年峰值。同时, 高温高湿环境为藻类繁殖提供了适宜条件, 藻类大量生长, 叶绿素a含量显著上升, 部分水源地可能出现藻类富集现象, 进而导致水体色度升高、异味产生。夏季水体中微生物活动旺盛, 有机物分解速度加快, 高锰酸盐指数(CODMn)有所上升, 溶解氧含量则因藻类光合作用和有机物分解的双重作用呈现波动状态, 表层水体溶解氧含量较高, 底层水体因有机物分解消耗氧气可能出现溶解氧偏低的情况。地下水源地夏季水质相对稳定, 但受地表降水入渗影响, 部分浅层地下水源地的浊度、氨氮指标可能出现轻微上升^[2]。

2.3 秋季水质变化特征

秋季气温逐渐下降, 降水频次减少但强度仍较大, 地表径流较夏季有所减少, 但仍对地表水源地有一定的冲刷作用, 浊度较夏季有所下降, 但仍高于春、冬两季。随着气温降低, 藻类繁殖速度减缓, 叶绿素a含量逐渐下降, 水体色度和异味得到缓解。秋季植被落叶大量堆积, 经雨水冲刷进入水体后, 有机物含量有所上升, 导致高锰酸盐指数(CODMn)维持在较高水平, 同时落叶分解过程中会释放氮、磷等营养盐, 使得总氮、总磷含量略有上升。地下水源地秋季水质基本保持稳定, 溶解氧含量因气温下降而略有降低, pH值维持在稳定范围, 各类矿物质指标波动较小, 整体水质优于地表水源地。

2.4 冬季水质变化特征

冬季气温降至全年最低,部分地区出现结冰现象,地表径流大幅减少,水体流动性减弱,地表水源地浊度降至全年最低水平,主要是由于缺乏地表冲刷,水体中悬浮物、泥沙等颗粒物逐渐沉降。冬季生物活动减弱,藻类基本停止繁殖,叶绿素a含量降至最低,水体透明度较高。受低温影响,水体中微生物活动减缓,有机物分解速度下降,高锰酸盐指数(CODMn)处于全年较低水平,但由于水体流动性差,底层有机物积累,可能导致局部区域溶解氧含量偏低。地下水源地冬季地下水位处于全年较低水平,水体更新速度减慢,矿物质浓度略有升高,pH值基本稳定,氨氮、总氮等营养盐指标维持在较低水平,整体水质最为稳定^[3]。

3 城市饮用水源地水质季节性变化的影响因素分析

3.1 气候因素的季节性影响

气候因素是影响城市饮用水源地水质季节性变化的核心自然因素,主要包括气温、降水、光照等,其季节性变化直接导致水质指标的波动。气温的季节性变化对水质的影响主要体现在生物活动和化学反应两个方面:夏季高温环境下,藻类、微生物等生物活动旺盛,藻类大量繁殖会导致叶绿素a含量升高、水体富营养化风险增加,微生物分解有机物的速度加快,会消耗水体中的溶解氧,同时产生氨氮等代谢产物,导致水质恶化;冬季低温环境下,生物活动减弱,藻类繁殖停止,微生物分解速度减缓,有机物积累量减少,水质相对稳定,但低温会降低水体溶解氧气的的能力,可能导致底层水体溶解氧不足。

降水的季节性分布是影响地表水源地水质的关键因素,不同季节的降水强度和频次直接决定了地表径流的冲刷能力。夏季降水集中且强度大,地表径流携带大量地表泥沙、腐殖质、污染物进入水源地,导致浊度、有机物、营养盐等指标升高;春季降水频次较多但强度较小,冲刷作用较弱,浊度等指标上升幅度平缓;秋季降水强度减弱,地表径流减少,冲刷作用减弱,浊度等指标逐渐下降;冬季降水稀少,地表径流匮乏,水体流动性差,浊度降至最低,但水体自净能力减弱,可能导致局部污染物积累。光照的季节性变化主要影响藻类繁殖,夏季光照充足、时长较长,为藻类繁殖提供了充足的能量,促进藻类生长;冬季光照不足、时长较短,藻类繁殖受到抑制,叶绿素a含量降低。

3.2 水文情势的季节性影响

水文情势的季节性变化主要体现在水体流量、水位、流速等方面,其变化直接影响水体的自净能力、污染物

扩散能力和颗粒物沉降速度,进而影响水质。地表水源地水文情势受季节影响最为显著:夏季降水充足,水体流量大幅增加,水位上升,流速加快,水体的稀释能力和自净能力增强,能够在一定程度上缓解污染物浓度,但同时流速加快会扰动河床底泥,导致沉积的泥沙、腐殖质重新悬浮,加剧浊度升高;冬季降水稀少,水体流量减少,水位下降,流速减慢,水体稀释能力和自净能力减弱,污染物扩散速度减慢,颗粒物沉降加快,浊度降低,但底层水体易出现厌氧环境,导致溶解氧含量偏低。

地下水源地水文情势季节性变化相对平缓,主要表现为地下水位的季节性波动:春季气温回升,冰雪融化和降水入渗增加,地下水位开始回升;夏季降水充足,入渗量最大,地下水位达到全年最高;秋季降水减少,入渗量减少,地下水位逐渐下降;冬季降水稀少,入渗量最小,地下水位降至全年最低。地下水位的季节性波动会影响地下水的更新速度,水位高时,水体更新速度快,水质相对较好;水位低时,水体更新速度慢,矿物质浓度易升高,同时可能导致地表污染物更容易入渗,影响地下水水质。此外,地表水源地水体分层现象也呈现季节性特征,夏季高温导致水体出现热分层,表层水温高、底层水温低,分层现象明显,底层水体厌氧环境易导致铁、锰等物质释放,影响水质;冬季水温较低,水体分层现象消失,水质分布相对均匀^[4]。

3.3 生物因素的季节性影响

生物因素主要包括藻类、微生物、水生植物等,其季节性活动变化直接影响水源地水质指标。藻类是影响地表水源地水质的主要生物因素,其生长繁殖具有明显的季节性:春季气温回升,藻类开始萌发,叶绿素a含量缓慢上升;夏季高温、光照充足,藻类大量繁殖,叶绿素a含量达到峰值,部分藻类会释放藻毒素,影响水质安全性,同时藻类死亡后分解会消耗大量溶解氧,产生异味,导致水质恶化;秋季气温下降,藻类繁殖速度减缓,叶绿素a含量逐渐下降;冬季低温、光照不足,藻类停止繁殖,逐渐死亡沉降,叶绿素a含量降至最低。

微生物的季节性活动变化主要影响水体中有机物的分解和营养盐的转化:夏季高温高湿环境适合微生物生长繁殖,微生物分解有机物的速度加快,会消耗水体中的溶解氧,同时将有机氮转化为氨氮、硝酸盐氮等无机氮,导致氨氮、总氮等指标升高;冬季低温环境抑制微生物活动,有机物分解速度减慢,氨氮等指标维持在较低水平。水生植物的季节性生长也会影响水质,夏季水生植物生长旺盛,能够吸收水体中的氮、磷等营养盐,抑制藻类繁殖,同时通过光合作用释放氧气,提高水体溶

解氧含量,改善水质;冬季水生植物枯萎,其残体分解会释放营养盐,增加水体有机物含量,对水质产生一定的负面影响。此外,地表水与地下水交互带的微生物群落结构也呈现季节性变化,湿季微生物多样性更高,参与氮循环的菌群更为活跃,对水体氮污染的调控作用更强,干季则相反。

3.4 人为活动的季节性影响

人为活动的季节性变化会加剧城市饮用水源地水质的季节性波动,不同季节的人类活动强度和方式不同,对水质的影响也存在差异。农业活动是主要的人为影响因素之一,具有明显的季节性:春季是农业播种和施肥的高峰期,大量化肥、农药被施用,经雨水冲刷后,氮、磷等营养盐和农药残留会进入地表水源地,导致总氮、总磷等指标升高;夏季是农作物生长旺季,农业灌溉用水增加,农田径流携带的污染物量增多,同时夏季降雨集中,农业面源污染负荷显著增加;秋季是农作物收获期,农田残留的秸秆、农药、化肥等经雨水冲刷进入水体,会增加有机物和营养盐含量;冬季农业活动减少,农业面源污染负荷降至最低,对水质的影响较小。

城市生活活动的季节性影响主要体现在生活污水排放和地表垃圾冲刷两个方面:夏季气温较高,居民生活用水量增加,生活污水排放量增多,部分未经处理的生活污水可能通过地表径流进入水源地,增加水体有机物、氨氮等指标含量;夏季降雨集中,地表垃圾、污染物被雨水冲刷进入水源地,加剧水质污染;冬季居民生活用水量减少,生活污水排放量减少,同时地表结冰,垃圾和污染物不易被冲刷,对水质的影响相对较小。此外,工业

活动的季节性波动也会对水质产生一定影响,部分工业生产活动在夏季、秋季强度较大,废水排放量较多,若处理不当,会导致工业污染物进入水源地,影响水质;冬季工业活动强度相对平缓,废水排放量减少,对水质的影响有所缓解。同时,城市地表硬化区域的季节性径流变化,也会影响污染物的汇入量,夏季强降雨时,硬化地表径流速度快,携带的污染物更多^[5]。

结束语:城市饮用水源地水质季节性波动特征突出,地表水源地波动幅度明显大于地下水源地,且四季水质表现各有千秋。气候、水文、生物及人为活动等因素交织,共同推动水质变化,其季节性差异也使得不同季节水质管控侧重点各异。深入剖析这些变化特征与影响机制,能够为因地制宜、因时制宜地制定四季差异化管控措施提供支撑,切实提升水源地安全保障水平,达成长效保护目标。

参考文献

- [1]李国文,施艳峰,刘淑娟.湖库型饮用水水源地水体PAEs变化特征及风险评价[J].人民长江,2024,55(10):77-85.
- [2]王一仿,周丽娟,丁露.松涛水库和南茶水库饮用水水质变化趋势及污染风险分析[J].四川环境,2024,43(5):65-75.
- [3]吴莉,韩佩,刘勇.赣江饮用水水源地水环境特征及潜在污染风险研究[J].人民长江,2024,55(12):71-80.
- [4]姚嘉伟,李燕,吕业佳.基于水质指数法和M-K检验的饮用水水源地水质演变趋势研究[J].环境科学与管理,2024,49(4):43-48.
- [5]王双,朱奋,李亮.湛江市市区饮用水源地地下水水化学特征、氮素来源及水质评价[J].地质通报,2025,44(9):1750-1764.